

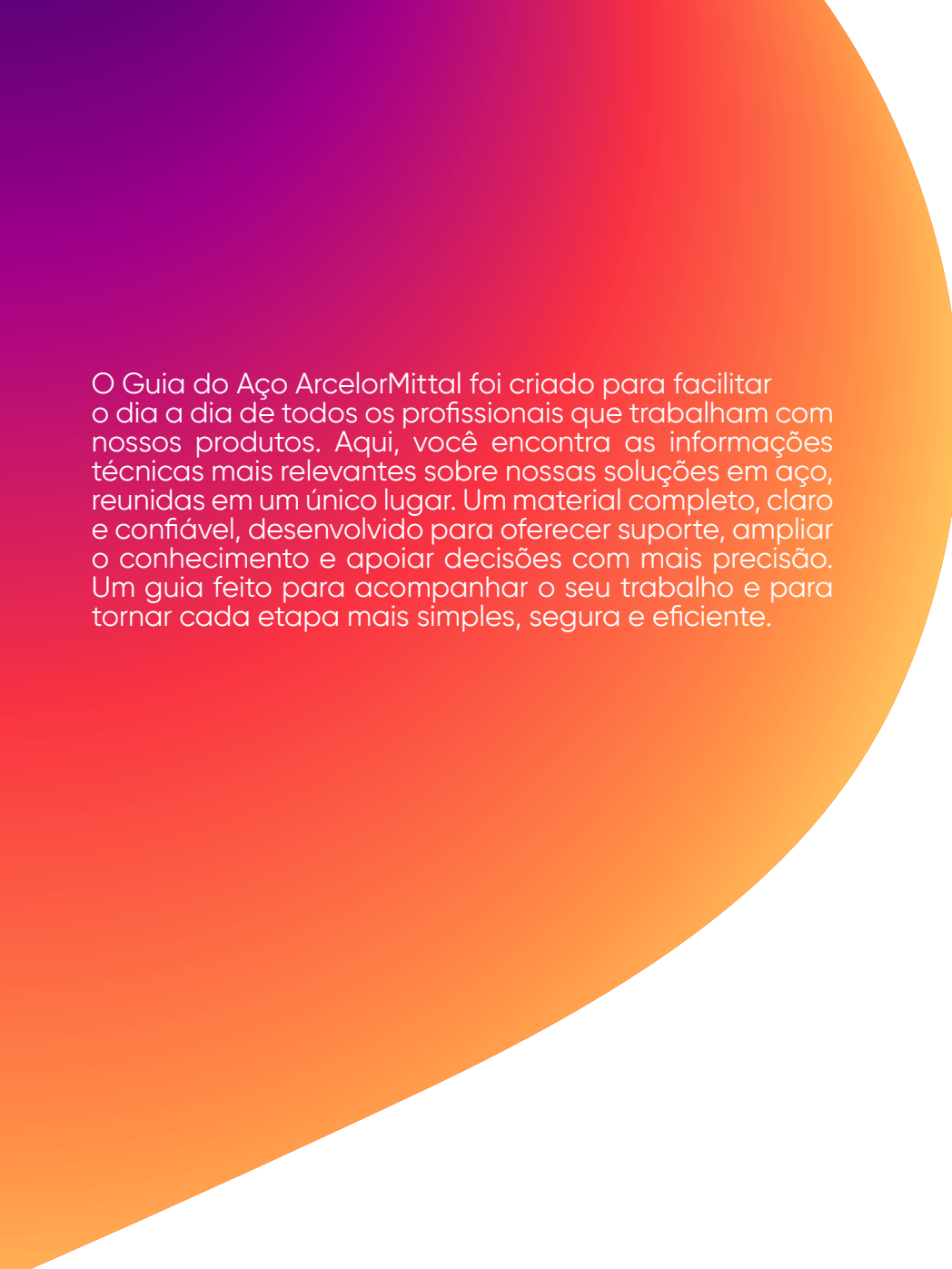


ArcelorMittal

Guia do Aço

ArcelorMittal





O Guia do Aço ArcelorMittal foi criado para facilitar o dia a dia de todos os profissionais que trabalham com nossos produtos. Aqui, você encontra as informações técnicas mais relevantes sobre nossas soluções em aço, reunidas em um único lugar. Um material completo, claro e confiável, desenvolvido para oferecer suporte, ampliar o conhecimento e apoiar decisões com mais precisão. Um guia feito para acompanhar o seu trabalho e para tornar cada etapa mais simples, segura e eficiente.

Importante

Este Guia do Aço serve apenas como consulta rápida de alguns produtos e aços disponíveis no mercado e não deve ser utilizado como critério de aceitação técnica, incluindo revisões anteriores. Toda necessidade de requisito técnico no produto deverá ser acordado previamente à compra entre fornecedor e comprador.

Sumário

1. Produtos Industriais ArcelorMittal	4
1.1 Faixas de Bitolas Produzidas	5
1.2 Barras Laminadas	5
1.3 Fio-Máquina	10
1.4 Barras Trefiladas	11
1.5 Barras Descascadas	13
1.6 Perfis	14
1.7 A norma ABNT NBR 7007:2022	22
1.8 Principais produtos industriais ArcelorMittal	24
1.9 Aços ArcelorMittal – Principais características	29
2. Composição Química	31
2.1 Aços Carbono conforme SAE J403:2024	32
2.2 Aços Ligados conforme SAE J404:2009	34
2.3 SAE J1268:2010 – Aços Carbono Comuns e Ligados da série H	36
2.4 Composição química – Norma DIN	38
3. Propriedades Mecânicas dos Aços Laminados e Trefilados	42
3.1 Propriedades mecânicas estimadas de Barras de Aço Laminadas a Quente e Trefiladas	43
3.2 Durezas esperadas em Aços Carbono e Ligados no estado normalizado em função da bitola	45
4. Temperabilidade	47
4.1 Ensaio de Temperabilidade Jominy	48
4.2 Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010	49
4.3 Temperabilidade dos Aços Norma DIN EN 10083 e 10084	54
5. Definições e Tabelas	58
5.1 Aços Construção Mecânica	59
5.2 Conformação mecânica	59
5.3 Acabados a frio	60
5.4 Diagramas	61
5.5 Tratamentos térmicos	64
5.6 Sistema de codificação SAE/AISI	68
5.7 Tabelas de equivalência	69
5.8 Tabelas de conversões, durezas e resistências	71
6. Dados Técnicos Informativos	73
6.1 Tamanho do Grão Austenítico	74
6.2 Fagulhamento de Aços Carbono	75
6.3 Grau de pureza – ASTM E-45:2025	76
6.4 Efeito dos elementos de liga nas propriedades dos Aços	77
6.5 Áreas	78
6.6 Fórmulas práticas para cálculo do peso de Barras de Aço por metro linear	81
6.7 Unidades de medida	82
6.8 Mecânica	84
6.9 Resistência à tração e à compressão	85
6.10 Resistência à flexão	86
6.11 Fatores de conversão	87
6.12 Fórmulas para cálculo do peso teórico de Barras de Aço (kg/m)	88
6.13 Quadrada de cantos redondos	89
6.14 Peso por metro linear de Aço em Barras (kg/m)	90

1. Produtos industriais ArcelorMittal

A indústria brasileira é um dos principais motores da economia nacional, com papel estratégico e relevante nas exportações, que movimentam bilhões de dólares todos os anos e conectam o Brasil aos principais mercados globais. Nesse cenário, o aço é essencial, presente em máquinas, equipamentos e estruturas que garantem segurança e competitividade industrial. A ArcelorMittal desenvolve produtos pensados para atender às exigências da indústria, sempre com qualidade, confiabilidade e inovação. Para isso, conheça nosso portfólio de soluções em aço para esse setor:

1.1. Faixas de bitolas produzidas

1.2. Barras Laminadas

1.2.1 Redondas

1.2.2 Barra Chata

1.2.3 Barra Chata Mola

1.3. Fio-Máquina

1.4. Barras Trefiladas

1.4.1 Redondas

1.4.2 Sextavadas/Hexagonais

1.5. Barras Descascadas

1.6. Perfis

1.6.1 Cantoneiras de Abas Iguais

1.6.2 Perfil U

1.6.3 Perfil I

1.6.4 Perfil W

1.7. A Norma ABNT NBR 7007:2022

1.7.1 Propriedades mecânicas – equivalência

1.7.2 Composição química

1.8. Principais produtos industriais ArcelorMittal

1.8.1 Aços para Molas

1.8.2 Aços para Fixadores

1.8.3 Aços para usinagem (Corte Fácil)

1.8.4 Aços para hastes de amortecedor

1.8.5 Aços para ferramentas manuais

1.9. Aços ArcelorMittal – Principais características

1.1. Faixas de bitolas produzidas

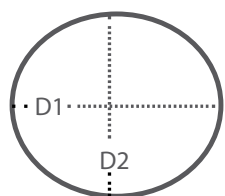
Produto	Bitolas/Dimensões (mm)
Barra Laminada Redonda	6,35 - 114,30
Barra Chata	Espessura: 3,75 - 31,75
	Largura: 9,53 - 152,40
Barra Chata Mola	Espessura: 8,00 - 48,00
	Largura: 50,00 - 127,00
Barra Trefilada Redonda	4,76 - 77,79
Barra Trefilada Sextavada	5,00 - 38,10
Barra Descascada	25,00 - 80,00
Fio-Máquina	4,75 - 42,50
Cantoneiras (Abas Iguais)	Espessura: 2,50 - 19,05
	Largura: 12,70 - 203,00
Perfil I	Altura: 3" (76,20mm) - 6" (152,40mm)
	Espessura: 1ª alma (4,32mm) - 3ª alma (11,81mm)
Perfil U	Altura: 3" (76,20mm) - 8" (203,20mm)
	Espessura: 1ª alma (4,32mm) - 3ª alma (11,10mm)
Perfil W	Altura: 6" (152,40mm) - 8" (203,20mm)
	Massa (lb/pés): 8,5 - 25

1.2. Barras Laminadas

1.2.1. Barra Laminada Redonda

Bitolas

polegada	mm	polegada	mm	polegada	mm	polegada	mm
1/4"	6,35	1.1/4"	31,75	2.3/16"	55,56	3.1/8"	79,38
5/16"	7,94	1.5/16"	33,34	2.1/4"	57,15	3.3/16"	80,96
3/8"	9,53	1.3/8"	34,93	2.5/16"	58,74	3.1/4"	82,55
7/16"	11,11	1.7/16"	36,51	2.3/8"	60,33	3.5/16"	84,14
-	12,00	1.1/2"	38,10	2.7/16"	61,91	3.3/8"	85,73
1/2"	12,70	1.9/16"	39,69	2.1/2"	63,50	3.7/16"	87,31
9/16"	14,29	1.5/8"	41,28	2.9/16"	65,09	3.1/2"	88,90
5/8"	15,88	1.11/16"	42,86	2.5/8"	66,68	3.9/16"	90,49
3/4"	19,05	1.3/4"	44,45	2.11/16"	68,26	3.5/8"	92,08
7/8"	22,22	1.7/8"	47,60	2.3/4"	69,85	3.3/4"	95,25
1"	25,40	1.15/16"	49,21	2.7/8"	73,03	3.7/8"	98,43
1.1/16"	26,99	2"	50,80	2.15/16"	74,61	4"	101,60
1.1/8"	28,58	2.1/16"	52,39	3"	76,20	4.1/4"	107,95
1.3/16"	30,16	2.1/8"	53,98	3.1/16"	77,79	4.1/2"	114,30



$$\text{OVALIZAÇÃO} = | D1 - D2 |$$

Legenda:

D1 = Diâmetro

D2 = Diâmetro identificado

Tolerância dimensional

Dimensão nominal (mm)		Classe normal		Classe fina	
De	Até	Tolerância máxima (mm)	Ovalização (mm)	Tolerância máxima (mm)	Ovalização (mm)
-	15,00	± 0,40	0,60	± 0,30	0,45
15,01	25,00	± 0,50	0,75	± 0,40	0,60
25,01	35,00	± 0,60	0,90	± 0,50	0,75
35,01	50,00	± 0,80	1,20	± 0,60	0,90
50,01	80,00	± 1,00	1,50	± 0,80	1,20
80,01	100,00	± 1,30	1,95	± 1,00	1,50
100,01	120,00	± 1,50	2,25	± 1,30	1,95

Os requisitos para o fornecimento de barras de aço-carbono e ligado, laminadas a quente, destinadas para processos de conformação mecânica e tratamentos térmicos atendem ao especificado na Norma NBR 11294:2025 - Barras de aço-carbono e ligado, chatas, redondas, quadradas e sextavadas, laminadas a quente.

Em barras de dimensão nominal menor ou igual a 80 mm, o empenamento máximo não deve exceder a 4 mm em qualquer comprimento de 1 m e, simultaneamente, 4 mm vezes o comprimento total da barra em metros. Para barras com dimensão nominal maior que 80 mm, o empenamento máximo não deve exceder a 2,5 mm em qualquer metro e, simultaneamente, 2,5 mm vezes o comprimento total da barra em metros.

A existência de defeitos superficiais, como trincas, esfoliações, vazios e riscos é permitida, desde que a profundidade seja menor que a especificada conforme Grau 1, recomendado para usinagem, descascamento e retífica.

1.2.2. Barra Chata

Bitolas

Bitola nominal

polegada	mm	polegada	mm	polegada	mm	polegada	mm
3/8 x 1/8	-	1 x 1/8	-	2 x 3/4	-	4 x 1/2	-
-	12,70 x 2,50	1 x 3/16	-	-	63,50 x 6,00	4 x 5/8	-
-	12,70 x 3,00	1 x 1/4	-	2 1/2 x 1/4	-	4 x 3/4	-
1/2 x 1/8	-	-	31,75 x 3,00	2 1/2 x 5/16	-	4 x 7/8	-
-	12,70 x 4,50	1 1/4 x 1/8	-	2 1/2 x 3/8	-	4 x 1	-
1/2 x 3/16	-	1 1/4 x 3/16	-	2 1/2 x 1/2	-	4 x 1 1/4	-
-	12,70 x 6,00	1 1/4 x 1/4	-	2 1/2 x 5/8	-	5 x 1/4	-
1/2 x 1/4	-	1 1/4 x 5/16	-	2 1/2 x 3/4	-	5 x 5/16	-
-	15,87 x 2,50	1 1/4 x 3/8	-	-	76,20 x 6,00	5 x 3/8	-
-	15,87 x 3,00	1 1/4 x 1/2	-	3 x 1/4	-	5 x 1/2	-
5/8 x 1/8	-	1 1/2 x 1/8	-	3 x 5/16	-	5 x 5/8	-
-	15,87 x 4,00	1 1/2 x 3/16	-	3 x 3/8	-	5 x 3/4	-
-	15,87 x 4,50	1 1/2 x 1/4	-	3 x 1/2	-	5 x 7/8	-
5/8 x 3/16	-	1 1/2 x 5/16	-	3 x 5/8	-	5 x 1	-
-	15,87 x 6,00	1 1/2 x 3/8	-	3 x 3/4	-	-	130,00 x 11,00
5/8 x 1/4	-	1 1/2 x 1/2	-	3 x 1	-	-	130,00 x 12,00
-	19,05 x 2,50	1 1/2 x 5/8	-	3 1/2 x 5/16	-	-	130,00 x 16,00
-	19,05 x 3,00	1 3/4 x 1/4	-	3 1/2 x 1/2	-	-	130,00 x 19,00
3/4 x 1/8	-	1 3/4 x 5/16	-	3 1/2 x 5/8	-	6 x 1/4	-
-	19,05 x 4,50	2 x 1/8	-	-	100,00 x 11,00	6 x 5/16	-
3/4 x 3/16	-	2 x 3/16	-	-	100,00 x 12,00	6 x 3/8	-
3/4 x 1/4	-	-	50,80 x 6,00	-	100,00 x 16,00	6 x 1/2	-
7/8 x 1/8	-	2 x 1/4	-	-	100,00 x 19,00	6 x 5/8	-
7/8 x 3/16	-	2 x 5/16	-	-	101,60 x 6,00	6 x 3/4	-
7/8 x 1/4	-	2 x 3/8	-	4 x 1/4	-	6 x 7/8	-
-	25,40 x 2,50	2 x 1/2	-	4 x 5/16	-	6 x 1	-
-	25,40 x 3,00	2 x 5/8	-	4 x 3/8	-	-	-

Obs.: outras dimensões sob consulta.



Legenda:

e = Espessura da barra de aço

l = Largura da barra de aço

Tolerância dimensional

Largura da barra (mm)			Espessura da barra (mm)		
De	Até	Tolerância	De	Até	Tolerância
-	40,00	0,75	-	25,00	± 0,50
40,01	80,00	± 1,00	25,01	45,00	± 1,00
80,01	-	± 1,50	45,01	-	± 1,50

Os requisitos para o fornecimento de barras de aço, laminadas a quente, destinadas para uso estrutural e serralheria, atendem ao especificado na Norma NBR 16683:2018 - Barras laminadas de aço, chatas, redondas, quadradas e sextavadas para uso estrutural. O empenamento máximo não deve exceder a 4 mm em qualquer comprimento de 1 m e, simultaneamente, 4 mm vezes o comprimento total da barra em metros.

A existência de defeitos superficiais, como trincas, esfoliações, vazios e riscos é permitida, desde que a profundidade seja menor do que a especificada. Para barras com dimensão nominal menor ou igual a 10 mm a profundidade máxima permitida é 0,2 mm vezes o diâmetro nominal. Em barras com dimensão nominal maior que 10 mm a profundidade máxima permitida é 2,0 mm.

Requisitos mais restritos para empenamento e profundidade de defeito sob consulta.

1.2.3. Barra Chata Mola

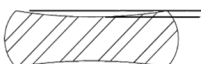
Bitolas

Bitola nominal							
polegada	mm	polegada	mm	polegada	mm	polegada	mm
-	50,00 x 15,00	-	70,00 x 22,00	-	80,00 x 22,00	-	90,00 x 30,00
2 x 5/16	-	-	70,00 x 26,00	-	80,00 x 23,00	-	90,00 x 32,00
2 x 3/8	-	-	70,00 x 28,00	-	80,00 x 24,00	-	90,00 x 40,00
2.1/4 x 5/16	-	3 x 5/16	-	-	80,00 x 25,00	-	100,00 x 10,00
2.1/4 x 3/8	-	3 x 3/8	-	-	80,00 x 26,00	-	100,00 x 11,00
-	60,00 x 8,00	-	76,20 x 10,18	-	80,00 x 27,00	-	100,00 x 12,00
-	60,00 x 9,00	3 x 7/16	-	-	80,00 x 28,00	-	100,00 x 13,00
-	60,00 x 11,00	3 x 1/2	-	-	80,00 x 29,00	-	100,00 x 14,00
-	60,00 x 13,00	3 x 9/16	-	-	80,00 x 35,00	-	100,00 x 15,00
-	60,00 x 15,00	3 x 5/8	-	3.1/2 x 3/8	-	-	100,00 x 16,00
-	60,00 x 16,00	-	76,20 x 17,00	-	88,90 x 10,19	-	100,00 x 18,00
-	60,00 x 17,00	3 x 3/4	-	3.1/2 x 7/16	-	-	100,00 x 20,00
-	60,00 x 19,00	-	76,20 x 19,80	3.1/2 x 1/2	-	-	100,00 x 22,00
-	60,00 x 23,00	-	76,20 x 20,00	3.1/2 x 3/4	-	-	100,00 x 24,00
2.1/2 x 5/16	-	-	76,20 x 22,00	-	90,00 x 10,00	-	100,00 x 25,00
2.1/2 x 3/8	-	3 x 1	-	-	90,00 x 11,00	-	100,00 x 30,00
2.1/2 x 7/16	-	-	76,20 x 26,00	-	90,00 x 12,00	-	100,00 x 40,00
-	63,50 x 17,10	-	76,20 x 28,00	-	90,00 x 13,00	-	100,00 x 48,00
-	70,00 x 8,00	-	80,00 x 8,00	-	90,00 x 14,00	4 x 5/16	-
-	70,00 x 9,00	-	80,00 x 9,00	-	90,00 x 15,00	4 x 7/16	-
-	70,00 x 10,00	-	80,00 x 10,00	-	90,00 x 16,00	4 x 1/2	-
-	70,00 x 11,00	-	80,00 x 11,00	-	90,00 x 17,50	4 x 9/16	-
-	70,00 x 12,00	-	80,00 x 12,00	-	90,00 x 19,00	4 x 5/8	-
-	70,00 x 13,00	-	80,00 x 13,00	-	90,00 x 20,00	4 x 3/4	-
-	70,00 x 14,00	-	80,00 x 14,00	-	90,00 x 21,00	-	101,60 x 19,80
-	70,00 x 15,00	-	80,00 x 15,00	-	90,00 x 22,00	-	101,60 x 22,00
-	70,00 x 15,80	-	80,00 x 16,00	-	90,00 x 23,00	-	110,00 x 12,00
-	70,00 x 16,00	-	80,00 x 17,50	-	90,00 x 24,00	-	110,00 x 30,00
-	70,00 x 17,00	-	80,00 x 18,00	-	90,00 x 25,00	-	110,00 x 48,00
-	70,00 x 18,00	-	80,00 x 19,00	-	90,00 x 26,00		
-	70,00 x 19,00	-	80,00 x 20,00	-	90,00 x 28,00		
-	70,00 x 21,00	-	80,00 x 21,00	-	90,00 x 29,00		

Obs.: outras dimensões sob consulta.

Os requisitos para o fornecimento de barras chatas de aço, laminadas a quente, que se destinam à fabricação de lâminas de molas e feixes de molas semi-elípticas convencionais e parabólicas atendem ao especificado na Norma NBR 11865:2023 – Barra chata de aço, laminada a quente, para fabricação de molas e feixes de mola. O empenamento máximo não deve exceder a 2 mm em qualquer comprimento de 1 m e, simultaneamente, 2 mm vezes o comprimento total da barra em metros.

Tolerância dimensional

Largura nominal "b" (mm)		Espessura nominal "e" (mm ^a)			 Flecha de concavidade "f" (máx.)		 Desvio de paralelismo "d" (máx.)
Nominal	Tolerância	e ≤ 10	10 < e ≤ 20	20 < e ≤ 40	e ≤ 10	e > 10	
35 ≤ b < 50	± 0,30	+0,25	+0,25	+0,30	0,15	0,15	0,10
		-0,15	-0,20	-0,20			
50 ≤ b ≤ 80	± 0,50	+0,25	+0,25	+0,30	0,15	0,20	0,15
		-0,15	-0,20	-0,20			
80 < b ≤ 100	± 0,60	+0,25	+0,25	+0,30	0,20	0,30	0,20
		-0,2	-0,25	-0,25			
100 < b ≤ 120	± 0,70	+0,25	+0,25	+0,30	0,20	0,30	0,20
		-0,25	-0,25	-0,25			
120 < b ≤ 160	± 1,00	+0,25	+0,25	+0,30	0,40	0,40	0,50
		-0,25	-0,25	-0,3			

a) Para barras com espessura acima de 40 mm, independentemente da largura, deve haver uma variação dimensional máxima de ± 0,50 mm.

1.3. Fio-Máquina

Bitolas (mm)

4,75	8,00	12,70	19,05	30,20
5,50	9,00	13,50	20,00	31,75
6,00	9,53	14,30	20,64	34,00
6,35	10,00	14,50	22,50	36,00
6,40	10,50	15,00	23,81	38,00
6,50	11,00	15,90	25,40	40,00
7,00	11,50	17,50	27,00	41,28
7,50	12,00	18,30	28,58	42,50

Obs.: a disponibilidade da bitola varia de acordo com o tipo de aço e usina.

Tolerância dimensional
Conforme NBR 6354:2021

Dimensão nominal (mm)	Tolerância (mm)	Ovalização (mm)
5,50 a 8,90	± 0,30	0,50
9,00 a 14,90	± 0,40	0,65
15,00 a 24,90	± 0,50	0,80
25,00 a 30,90	± 0,60	1,00
31,00 a 42,50	± 0,70	1,20

Obs.: tolerâncias mais restritas mediante consulta.

1.4. Barras Trefiladas

1.4.1. Barra Trefilada Redonda

Bitolas

6,36	20,64	41,28	50,00	60,00
7,94	22,00	42,00	50,10	60,32
9,53	22,22	42,86	50,30	61,00
10,00	23,91	44,45	50,80	61,50
11,00	24,00	45,00	51,00	63,50
11,10	25,40	45,10	52,00	65,00
12,00	26,99	45,15	52,39	66,00
12,70	28,58	45,30	53,97	66,67
14,00	30,00	45,35	54,00	69,85
14,28	31,75	45,50	55,00	70,00
15,88	33,34	46,00	55,50	71,00
17,00	34,92	46,40	56,00	74,63
17,46	36,00	46,80	57,15	75,00
19,05	36,51	47,63	58,70	76,20
20,00	38,10	48,00	58,74	77,79

Obs.: outras dimensões sob consulta.

1.4.2. Barra Trefilada Hexagonal

Bitolas

6,36	15,88	25,40
7,94	17,00	26,99
9,53	17,46	28,58
10,00	19,05	30,00
11,00	20,00	31,75
11,10	20,64	33,34
12,00	22,00	34,92
12,70	22,22	36,00
14,00	23,91	36,51
14,28	24,00	38,10

Obs.: outras dimensões sob consulta.

Os requisitos para o fornecimento de barras treiladas de aço-carbono, ligado e corte fácil atendem ao especificado na Norma NBR 8647:2024 – Barras de aço de qualidade especial, com acabamento de superfície, para construção mecânica. Para a forma geométrica redonda, o empenamento máximo não pode ultrapassar 1,0 mm em qualquer comprimento de 1 m e, simultaneamente, $0,001 \times L$ ao longo do comprimento total da barra (L). Para as demais formas, o empenamento não pode ultrapassar 3,0 mm/m e, simultaneamente, $0,003 L$ ao longo do comprimento da barra.

A profundidade máxima admissível de defeitos longitudinais (trincas, dobras, poros, sulcos e estrias) em barras treiladas é indicada na tabela abaixo.

Requisitos mais restritos para empenamento e profundidade de defeito sob consulta.

Profundidade máxima admissível de defeitos de superfície em barras treiladas

Dimensão nominal Dn (mm)	Processo de acabamento
	Treiladas (mm)
$3 < Dn \leq 10$	0,20
$10 < Dn \leq 18$	0,25
$18 < Dn \leq 30$	0,30
$30 < Dn \leq 50$	0,50
$50 < Dn \leq 80$	0,70
$80 < Dn \leq 100$	0,90

A tabela abaixo apresenta as tolerâncias dimensionais para as dimensões nominais de 3 mm a 120 mm, em que o valor especificado determina a tolerância inferior ao valor nominal. As tolerâncias dimensionais são asseguradas ao longo das barras, a partir de 150 mm das extremidades para o comprimento normal de fabricação.

- Barras treiladas redondas: tolerâncias h9, h10 e 11
- Barras treiladas hexagonais: tolerância h11

Tolerância dimensional

Dimensão nominal Dn (mm)	Tolerância (mm)		
	h9	h10	h11
$3 < Dn \leq 6$	+0/-0,030	+0/-0,048	+0/-0,075
$6 < Dn \leq 10$	+0/-0,036	+0/-0,058	+0/-0,090
$10 < Dn \leq 18$	+0/-0,043	+0/-0,070	+0/-0,110
$18 < Dn \leq 30$	+0/-0,052	+0/-0,084	+0/-0,130
$30 < Dn \leq 50$	+0/-0,062	+0/-0,100	+0/-0,160
$50 < Dn \leq 80$	+0/-0,074	+0/-0,120	+0/-0,190
$80 < Dn \leq 120$	+0/-0,087	+0/-0,140	+0/-0,220

1.5. Barras Descascadas

- **Seção:** Redonda
- **Bitolas:** 25 a 80 mm
- **Tolerância de diâmetro:** h12 e h11 (h10 e h9 sob consulta)
- **Comprimento:** 3 a 8 m (menores sob consulta)
- **Diferenciais:** Produto isento de decarbonetação

Tolerância dimensional

Dimensão nominal Dn (mm)	Tolerância (mm)			
	h9	h10	h11	h12
18 < Dn ≤ 30	+0/-0,052	+0/-0,084	+0/-0,130	+0/-0,210
30 < Dn ≤ 50	+0/-0,062	+0/-0,100	+0/-0,160	+0/-0,250
50 < Dn ≤ 80	+0/-0,074	+0/-0,120	+0/-0,190	+0/-0,300

Profundidade máxima admissível de defeitos de superfície

Dimensão nominal Dn (mm)	Processo de acabamento
	Descascadas (mm)
18 < Dn ≤ 30	0,20
30 < Dn ≤ 50	0,20
50 < Dn ≤ 80	0,20
80 < Dn ≤ 100	0,25
100 < Dn ≤ 150	0,35

1.6. Perfis

O padrão de qualidade dos produtos ArcelorMittal está presente também na linha de perfis de aço. Estes são produzidos rigorosamente de acordo com a Norma Brasileira NBR 15980:2024 - Perfis laminados de aço para uso estrutural - Dimensões e tolerâncias e NBR 7007:2022 - Aço-carbono e aço microligado para barras e perfis laminados a quente para uso estrutural - Requisitos e com normas internacionais, entre elas, a tradicional ASTM A36. Os comprimentos normais de fornecimento são de 6.000 mm e 12.000 mm. A tolerância de corte deve obedecer a medida mínima do comprimento nominal até 100 mm desse comprimento.

As massas dos perfis, com pelo menos uma dimensão com mais de 76 mm, não podem variar mais do que 2,5% da massa teórica especificada, exceto para os perfis com menos de 150 kg/m, onde a variação deve ficar entre -2,5% e +3,0% da massa teórica especificada.

A existência de descontinuidades, como trincas, dobras, cavidade e riscos é permitida, desde que a profundidade dessas descontinuidades seja menor que a especificada. Para perfis com espessura nominal menor ou igual a 10 mm, a profundidade máxima permitida é 0,2 mm vezes a espessura nominal. Em perfis com espessura nominal maior que 10 mm, a profundidade máxima permitida é 2,0 mm.

Obs.: requisitos mais restritos para empenamento e profundidade de defeito sob consulta.

1.6.1. Cantoneiras de Abas Iguais

Bitolas x massa linear (kg/m) Série em polegadas (ABNT NBR 15980/24)

Espessura		Largura															
pol	mm	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/4"	1.1/2"	1.3/4"	2"	2.1/2"	3"	3.1/2"	4"	5"	6"	8"
	mm	12,70	15,87	19,05	22,22	25,40	31,75	38,10	44,45	50,80	63,50	76,20	88,90	101,60	127,00	152,40	203,20
1/8"	2,50	0,45	0,57	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,00	0,53	0,68	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,17	0,55	0,71	0,87	1,04	1,19	1,53	1,84	2,16	2,46	-	-	-	-	-	-	-
	4,50	-	-	-	-	-	-	2,53	-	3,43	4,33	5,22	-	-	-	-	-
3/16"	4,76	-	-	-	-	1,73	2,22	2,69	3,17	3,63	4,57	5,52	-	-	-	-	-
	6,00	-	-	-	-	-	-	3,31	-	4,50	5,70	6,90	-	9,29	-	-	-
1/4"	6,35	-	-	-	-	2,22	2,86	3,50	4,14	4,75	6,10	7,29	8,62	9,82	12,34	-	-
5/16"	7,94	-	-	-	-	-	-	-	-	5,83	7,45	9,07	10,71	12,23	15,33	-	-
3/8"	9,53	-	-	-	-	-	-	-	-	6,99	8,78	10,71	-	14,58	18,31	22,09	-
7/16"	11,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,81	21,28	-	-
1/2"	12,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,46	14,00	-	19,05	24,11	29,12	-
5/8"	15,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,36	29,68	48,68	48,68
3/4"	19,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,60	35,14	42,73	57,93

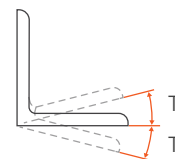
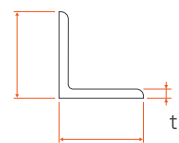
Bitolas x massa linear (kg/m) Série métrica (ABNT NBR 16952/21)

Espessura		Largura							
mm	mm	40,00	45,00	50,00	60,00	65,00	75,00	90,00	100,00
3,00	mm	1,85	2,09	2,3	-	-	-	-	-
4,00	mm	2,42	2,74	3,06	3,66	4,00	-	-	-
5,00	mm	2,98	3,38	3,78	4,53	4,98	5,78	-	-
6,00	mm	-	-	4,48	5,38	5,91	6,87	8,25	9,27
7,00	mm	-	-	-	-	-	7,95	9,51	10,76
8,00	mm	-	-	-	-	-	8,96	10,85	12,21
9,00	mm	-	-	-	-	-	-	-	13,63
10,00	mm	-	-	-	-	-	-	-	15,07
12,00	mm	-	-	-	-	-	-	-	17,86

Especificações técnicas

NBR 7007 MR 250 (ASTM A36)
NBR 7007 AR 350 (ASTM A572 – Grau 50)
NBR 7007 AR 415 (ASTM A572 – Grau 60)

Denominação comercial mm (pol)	Largura b mm	Espessura t mm	Fora de esquadro T graus	Diferença máx. entre largura das abas [b1-b2] mm	Empeno máximo E mm/m
b < 50,80 (2")	± 1,60	± 0,30	± 1,50	1,50	4,00
50,80 (2") ≤ b < 76,20 (3")		± 0,40		2,00	
76,20 (3") ≤ b ≤ 101,60 (4")	+ 3,00 - 2,50	-		3,00	2,50
101,60 (4") < b ≤ 152,40 (6")	± 3,20	-		3,20	
b > 152,40 (6")	+ 5,00 - 3,20	-			



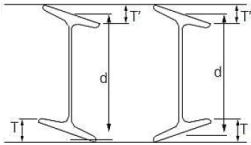
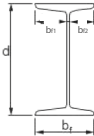
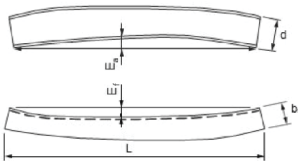
1.6.2. Perfil I

Dimensões e massa

Série em polegadas (Tolerâncias conforme NBR 15980:2024)

Designação pol x alma	Altura (d) mm	Largura (bf) mm	Espessura da alma (ea) mm	Massa linear kg/m
3ª x 1ª alma	76,20	59,18	4,32	8,48
3ª x 2ª alma		61,24	6,38	9,68
4ª x 1ª alma	101,60	67,60	4,90	11,46
4ª x 2ª alma		69,20	6,43	12,65
4ª x 3ª alma		71,02	8,28	14,14
5ª x 1ª alma	127,00	76,30	5,44	14,88
6ª x 1ª alma	152,40	84,63	5,89	18,60
6ª x 2ª alma		87,50	8,71	22,00
6ª x 3ª alma		90,55	11,81	25,67

Tolerância dimensional

Tipo	Figura	Parâmetros	Tolerância mm
Altura d		Medida do plano da alma	+2,4 -1,6
Largura da aba bf		Medida paralela da aba	± 3,20
Fora de esquadro T		Largura bf	$T + T' \leq 0,03 \times bf$
Assimetria da alma A		$A = \frac{(bf1 - bf2)}{2}$	$A \leq 5,00$
Empeno E		Alma Ea	2,5 mm/m
		Aba Ef	2,5 mm/m

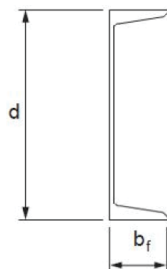
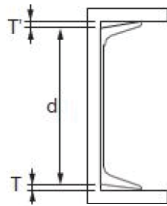
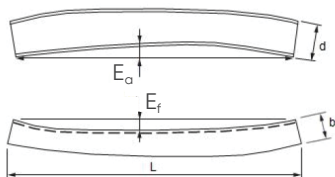
1.6.2. Perfil U

Dimensões e massa

Série em polegadas (Tolerâncias conforme NBR 15980:2024)

Designação pol x alma	Altura (d) mm	Largura (bf) mm	Espessura da alma (ea) mm	Massa linear kg/m
3ª x 1ª alma	76,20	35,81	4,32	6,10
3ª x 2ª alma		38,05	6,55	7,44
4ª x 1ª alma	101,60	40,23	4,67	8,04
4ª x 2ª alma		41,83	6,27	9,30
4ª x 3ª alma		43,70	8,13	10,80
6ª x 1ª alma	152,40	48,77	5,08	12,20
6ª x 2ª alma		51,66	7,98	15,62
6ª x 3ª alma		54,80	11,10	19,40
8ª x 1ª alma	203,20	57,40	5,59	17,10
8ª x 2ª alma		59,51	7,70	20,50

Tolerância dimensional

Tipo	Figura	Parâmetros	Tolerância mm
Altura d		$76,20 \leq d < 177,80$	+2,40 -1,60
		$177,80 \leq d \leq 254,00$	+3,20 -2,40
Largura da aba bf		$76,20 \leq d < 177,80$	$\pm 3,20$
		$177,80 \leq d \leq 254,00$	+3,20 -4,00
Fora de esquadro T		Largura bf	$T + T' \leq 0,03 \times bf$
Empeno E		Alma Ea	2,5 mm/m
		Aba Ef	2,5 mm/m

1.6.3. Perfil W

Dimensões e massa
(ABNT NBR 15980:2024)

Bitola	Tipo	Tipo	Massa linear	Alma		Mesa	
				Altura d	Espessura tw	Largura bf	Espessura tf
mm x kg/m	pol x lb/pés		kg/m	mm	mm	mm	mm
150 x 13	6 x 8,5	I	13,0	150	4,3	100	4,9
150 x 18	6 x 12	I	18,0	153	5,8	102	7,1
150 x 22,5	6 x 15	H	22,5	152	5,8	152	6,6
150 x 24	6 x 16	I	24,0	160	6,6	102	10,3
150 x 29,8	6 x 20	H	29,8	157	6,6	153	9,3
150 x 37,1	6 x 15	H	37,1	162	8,1	154	11,6
200 x 15	8 x 10	I	15,0	200	4,3	100	5,2
200 x 19,3	8 x 13	I	19,5	203	5,8	102	6,5
200 x 22,5	8 x 15	I	22,5	206	6,2	102	8,0
200 x 26,6	8 x 18	I	26,6	207	5,8	133	8,4
200 x 31,3	8 x 21	I	31,3	210	6,4	134	10,2
200 x 35,9	8 x 24	H	35,9	201	6,2	165	10,2
200 x 41,7	8 x 28	H	41,7	205	7,2	166	11,8
200 x 46,1	8 x 31	H	46,1	203	7,2	203	11,0
200 x 52	8 x 35	H	52,0	206	7,9	204	12,6
200 x 53	8 x 36	HP	53,0	206	7,9	204	12,6
200 x 59	8 x 40	H	59,0	210	9,1	205	14,2
200 x 71	8 x 48	H	71,0	216	10,2	206	17,4
200 x 86	8 x 58	H	86,0	222	13,0	209	20,6
200 x 100	8 x 67	H	100,0	229	14,5	210	23,7
250 x 17,9	10 x 12	I	17,9	251	4,8	101	5,3
250 x 22,3	10 x 15	I	22,3	254	5,8	102	6,9
250 x 25,3	10 x 17	I	25,3	257	6,1	102	8,4
250 x 28,4	10 x 19	I	28,4	260	6,4	102	10,0
250 x 32,7	10 x 22	I	32,7	258	6,1	146	9,1
250 x 38,5	10 x 26	I	38,5	262	6,6	147	11,2
250 x 44,8	10 x 30	I	44,8	266	7,6	148	13,0
250 x 62	10 x 42	HP	62,0	246	10,5	256	10,7
250 x 73	10 x 49	H	73,0	253	8,6	254	14,2
250 x 80	10 x 54	H	80,0	256	9,4	255	15,6
250 x 85	10 x 57	HP	85,0	254	14,4	260	14,4
250 x 89	10 x 60	H	89,0	260	10,7	256	17,3

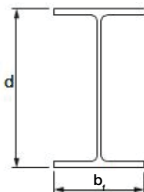
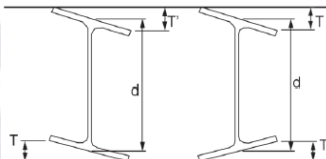
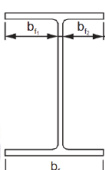
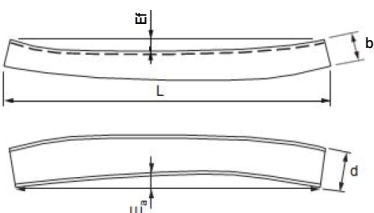
Dimensões e massa
(ABNT NBR 15980:2024)

Bitola	Tipo	Tipo	Massa linear	Alma		Mesa	
				Altura d	Espessura tw	Largura bf	Espessura tf
mm x kg/m	pol x lb/pés		kg/m	mm	mm	mm	mm
250 x 101	10 x 68	H	101,0	264	11,9	257	19,6
250 x 115	10 x 77	H	115,0	269	13,5	259	22,1
250 x 131	10 x 88	H	131,0	275	15,4	261	25,1
250 x 149	10 x 100	H	149,0	282	17,3	263	28,4
250 x 167	10 x 12	H	167,0	289	19,2	265	31,8
310 x 21	12 x 14	I	21,0	303	5,1	101	5,7
310 x 23,8	12 x 16	I	23,8	305	5,6	101	6,7
310 x 28,3	12 x 19	I	28,3	309	6,0	102	8,9
310 x 32,7	12 x 22	I	32,7	313	6,6	102	10,8
310 x 38,7	12 x 26	I	38,7	310	5,8	165	9,7
310 x 44,5	12 x 30	I	44,5	313	6,6	166	11,2
310 x 52	12 x 35	I	52,0	317	7,6	167	13,2
310 x 79	12 x 53	HP	79,0	299	11,0	306	11,0
310 x 93	12 x 63	HP	93,0	303	13,1	308	13,1
310 x 97	12 x 65	H	97,0	308	9,9	305	15,4
310 x 107	12 x 72	H	107,0	311	10,9	306	17,0
310 x 110	12 x 74	HP	110,0	308	15,4	310	15,5
310 x 117	12 x 79	H	117,0	314	11,9	307	18,7
310 x 125	12 x 84	HP	125,0	312	17,4	312	17,4
310 x 129	12 x 87	H	129,0	318	13,1	308	20,6
310 x 143	12 x 96	H	143,0	323	14,0	309	22,9
310 x 158	12 x 106	H	158,0	327	15,5	310	25,1
310 x 179	12 x 120	H	179,0	333	18,0	313	28,1
360 x 32,9	14 x 22	I	32,9	349	5,8	127	8,5
360 x 39	14 x 26	I	39,0	353	6,5	128	10,7
360 x 44	14 x 30	I	44,0	352	6,9	171	9,8
360 x 51	14 x 34	I	51,0	355	7,2	171	11,6
360 x 58	14 x 38	I	58,0	358	7,9	172	13,1
360 x 64	14 x 43	I	64,0	347	7,7	203	13,5
360 x 72	14 x 48	I	72,0	350	8,6	204	15,1
360 x 79	14 x 53	I	79,0	354	9,4	205	16,8
360 x 91	14 x 61	H	91,0	353	9,5	254	16,4
360 x 101	14 x 68	H	101,0	357	10,5	255	16,3
360 x 110	14 x 74	H	110,0	360	11,4	256	19,9
360 x 122	14 x 82	H	122,0	363	13,0	257	21,7
410 x 38,8	16 x 26	I	38,8	399	6,4	140	8,8
410 x 46,1	16 x 31	I	46,1	403	7,0	140	11,2
410 x 53	16 x 36	I	53,0	403	7,5	177	10,9

Dimensões e massa
(ABNT NBR 15980:2024)

Bitola	Tipo	Tipo	Massa linear	Alma		Mesa	
				Altura d	Espessura tw	Largura bf	Espessura tf
mm x kg/m	pol x lb/pés		kg/m	mm	mm	mm	mm
410 x 60	16 x 40	I	60,0	407	7,7	178	12,8
410 x 67	16 x 45	I	67,0	410	8,8	179	14,4
410 x 75	16 x 50	I	75,0	413	9,7	180	16,0
410 x 85	16 x 57	I	85,0	417	10,9	181	18,2
460 x 52	18 x 35	I	52,0	450	7,6	152	10,8
460 x 60	18 x 40	I	60,0	455	8,0	153	13,3
460 x 68	18 x 46	I	68,0	459	9,1	154	15,4
460 x 74	18 x 50	I	74,0	457	9,0	190	14,5
460 x 82	18 x 55	I	82,0	460	9,9	191	16,0
460 x 89	18 x 60	I	89,0	463	10,5	192	17,7
460 x 97	18 x 65	I	97,0	466	11,4	193	19,0
460 x 106	18 x 71	I	106,0	469	12,6	194	20,6
530 x 66	21 x 44	I	66,0	525	8,9	165	11,4
530 x 72	21 x 48	I	72,0	524	9,0	207	10,9
530 x 74	21 x 50	I	74,0	529	9,7	166	13,6
530 x 82	21 x 55	I	82,0	528	9,5	209	13,3
530 x 85	21 x 57	I	85,0	535	10,3	166	16,5
530 x 92	21 x 62	I	92,0	533	10,2	209	15,6
530 x 101	21 x 68	I	101,0	537	10,9	210	17,4
530 x 109	21 x 73	I	109,0	539	11,6	211	18,8
610 x 82	24 x 55	I	82,0	599	10,0	178	12,8
610 x 92	24 x 62	I	92,0	603	10,9	179	15,0
610 x 101	24 x 68	I	101,0	603	10,5	228	14,9
610 x 113	24 x 76	I	113,0	608	11,2	228	17,3
610 x 125	24 x 84	I	125,0	612	11,9	229	19,6
610 x 140	24 x 94	I	140,0	617	13,1	230	22,2
610 x 155	24 x 104	I	155,0	611	12,7	324	19,0
610 x 174	24 x 117	I	174,0	616	14,0	325	21,6
610 x 217	24 x 146	I	217,0	628	16,5	328	27,7

Tolerância dimensional

Tipo	Figura	Parâmetros	Tolerâncias (mm)
Altura d		Medida no plano da alma	+ 4,00 - 3,00
Largura da mesa bf		Medida paralela à aba	+ 6,00 - 5,00
Fora de esquadro T		Altura nominal $d \leq 310$	$T + T' \leq 6,00$
		Altura nominal $d > 310$	$T + T' \leq 8,00$
Assimetria da alma A		$A = \frac{(bf1 - bf2)}{2}$	$A \leq 5,00$
Empeno E		Alma Ea	1,00 mm/m
		Aba Ef $bf < 150$	2,00 mm/m
		Aba Ef $bf \geq 150$	1,00 mm/m

1.7. A Norma ABNT NBR 7007:2022

Os Perfis Laminados ArcelorMittal atendem plenamente aos requisitos das normas internacionais, hoje especificados na norma brasileira, e podem ser verificados nas informações apresentadas nos Certificados de Qualidade que acompanham os produtos. Assim, confirmando sua grande preocupação em relação à qualidade e à segurança nas aplicações de todos os seus produtos, a ArcelorMittal divulga aos seus clientes a Norma Brasileira para Aços-Carbono e Microligados para Barras e Perfis Laminados a Quente para uso estrutural – ABNT NBR 7007:2022.

1.7.1. Propriedades mecânicas – Equivalência

A tabela abaixo mostra as propriedades mecânicas dos graus definidos na Norma ABNT NBR 7007:2022 e a similaridade com as Normas ASTM:

NBR 7007	ASTM	Limite de escoamento mínimo (Mpa)	Limite de Resistência (Mpa)	Alongamento mín. Lo = 200mm (%)
MR 250	A36	250	400 a 550	20
AR 350	A572 G50	345	min. 450	18
AR 415	A572 G60	415	min. 520	16

Obs.: quando é utilizado corpo de prova retangular, reduções no valor especificado de alongamento são permitidas conforme Tabela 4 da norma NBR 7007/22, devido ao efeito da geometria.

1.7.2. Composição química

A composição química dos aços, em análise efetuada na corrida, deve ter os teores indicados na tabela abaixo:

Composições químicas dos aços												
Grau	%C	%Mn**	%Si	%P	%S	%Cu	%V	%Nb	%Cr	%Ni	%Mo	%Ti
MR 250	≤ 0,23	– ***	≤ 0,40	≤ 0,040	≤ 0,050	≤ 0,40	– ***	– ***	≤ 0,35	≤ 0,35	≤ 0,050	– ***
AR 350	≤ 0,23	0,50 a 1,35	0,10 a 0,40	≤ 0,040	≤ 0,050	≤ 0,40	≤ 0,15	≤ 0,050	≤ 0,35	≤ 0,35	≤ 0,050	≤ 0,040
AR 415*	≤ 0,26	0,50 a 1,35	0,10 a 0,40	≤ 0,040	≤ 0,050	≤ 0,40	≤ 0,15	≤ 0,050	≤ 0,35	≤ 0,35	≤ 0,050	≤ 0,040

*Nb + V + Ti ≥ 0,010%.

**Para cada redução de 0,01% no teor máximo de carbono especificado, um aumento de 0,06% no teor de manganês acima do especificado será permitido até o limite máximo de 1,50%.

***Não especificado.

Soldabilidade: os aços dessa norma são considerados soldáveis por métodos normais de fusão quando o carbono equivalente da análise química do produto for menor ou igual a 0,55%, calculado segundo a seguinte equação:

Carbono equivalente:
$$\%Ceq = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{(\%Cr + \%Mo + \%V)}{5} + \frac{(\%Ni + \%Cu)}{15}$$

Informações adicionais: requisitos de dobramento, ensaio Charpy e especificação de tamanho de grão podem ser exigidos, desde que definidos na ordem de compra. A norma ABNT NBR 7007 pode ser adquirida pelo site www.abnt.com.br

1.8. Principais produtos industriais ArcelorMittal

1.8.1. Aços para molas

Bitola e tolerância

Estão disponíveis nas bitolas de 9,00 mm a 31,75 mm e normalmente são especificadas com tolerância H10, conforme Norma ISO.

Comprimento das barras

Normalmente, os fabricantes de molas helicoidais usam comprimentos unitários específicos. Conforme a aplicação, em alguns casos são especificados comprimentos múltiplos. Tolerância no comprimento unitário: -0,0mm a +5,0mm.

Retilidade

O empeno normal especificado é de 1,0 a 2,0mm/m.

Acondicionamento

São acondicionados em feixes de barras com cintas metálicas sobre tiras de plástico polipropileno, nas formas redonda ou sextavada, conforme bitola e comprimento, com peso entre 1,0 t e 2,0 t.

Estrutura

Ferrita mais perlita. Tamanho de grão ASTM 6 ou mais fino, homogêneo.

Descarbonetação e defeitos superficiais

A descarbonetação total não é permitida. Para profundidade de descarbonetação parcial e defeitos superficiais, normalmente as especificações estabelecem níveis máximos iguais a 1% do diâmetro da barra.

Certificação

Certificado de Qualidade contendo análise química, dimensões, dureza, microinclusões, descarbonetação, estrutura e tamanho de grão.



1.8.2. Aços para fixadores

Aço médio carbono ligado ao boro para parafusos e porcas

A ArcelorMittal é líder de mercado na fabricação de aços para fixadores, e seus produtos são desenvolvidos especialmente para atender aos diversos setores da indústria, com inúmeras aplicações no Brasil e no exterior. Agora, oferece novas alternativas de aços para fixadores (classes ABNT 8.8-9.8-10.9, ISO 8.8-9.8-10.9, SAE grau 5 e grau 8), com vantagens na aplicação que atendem à demanda de qualidade de seus clientes: aços BTC e MTC microligados destinados a fixadores, com possibilidade de desenvolvimento sob consulta.

Vantagens dos aços ArcelorMittal para fixadores

- Redução do consumo de ferramentas na estampagem;
- Substituição de aços ligados de maior custo;
- Possibilidade de eliminação do tratamento de recozimento/esferoidização para algumas aplicações;
- Garantia de melhor temperabilidade.

Outras características dos aços ArcelorMittal

- Dureza uniforme ao longo do rolo;
- Adequado desempenho na estampagem, extrusão e tratamentos térmicos;
- Camada de fosfato adequada ao uso;
- Maior diversidade de bitolas;
- Materiais com controle para assegurar a qualidade do produto final.

Aços baixo carbono e não endurecíveis por têmpera
Fixadores de baixo carbono (não temperáveis)

Aço	Nomenclatura	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Mo	%Ni
1006L	SAE 1006	≤ 0,080	0,25 – 0,40	≤ 0,100	-	-	-
1010L	SAE 1010	0,080 – 0,120	0,300 – 0,500	≤ 0,100	-	-	-
1015D	SAE 1015	0,130 – 0,180	0,300 – 0,600	0,150 – 0,300	-	-	-
1015L	SAE 1015	0,130 – 0,180	0,300 – 0,600	≤ 0,100	-	-	-
1018L	SAE 1018	0,150 – 0,200	0,600 – 0,900	≤ 0,100	-	-	-
1020L	SAE 1020	0,180 – 0,230	0,300 – 0,600	≤ 0,100	-	-	-
1025D	SAE 1025	0,220 – 0,280	0,300 – 0,600	0,150 – 0,300	-	-	-
PA03L	SAE 1005 mod	≤ 0,050	0,350 – 0,550	≤ 0,060	-	-	-
PC10L	SAE 1010	0,080 – 0,130	0,300 – 0,500	≤ 0,100	-	-	-
PC13D	SAE 1012	0,100 – 0,140	0,300 – 0,600	0,150 – 0,300	-	-	-
PC15L	SAE 1015	0,130 – 0,180	0,300 – 0,600	≤ 0,100	≤ 0,050	≤ 0,040	≤ 0,050
PC20L	SAE 1020	0,180 – 0,230	0,300 – 0,600	≤ 0,100	≤ 0,100	≤ 0,040	≤ 0,100
PC25L	SAE 1022	0,180 – 0,220	0,800 – 1,000	≤ 0,100	-	-	-
PC18L	SAE 1018	0,150 – 0,200	0,600 – 0,900	≤ 0,100	≤ 0,100	≤ 0,050	≤ 0,100

Aços médio carbono para têmpera

Fixadores de médio carbono (temperáveis)

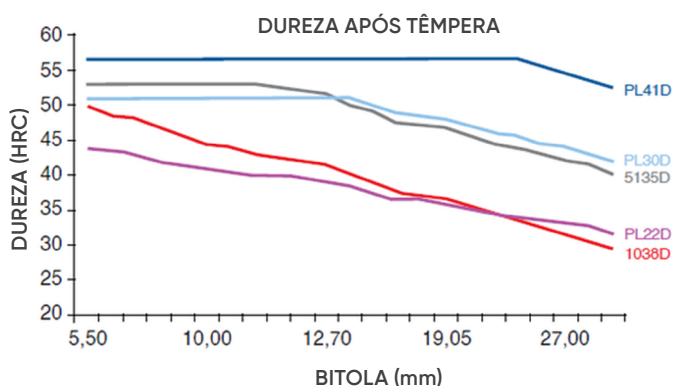
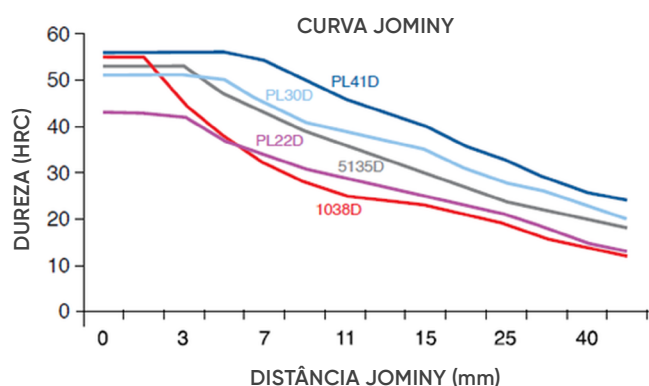
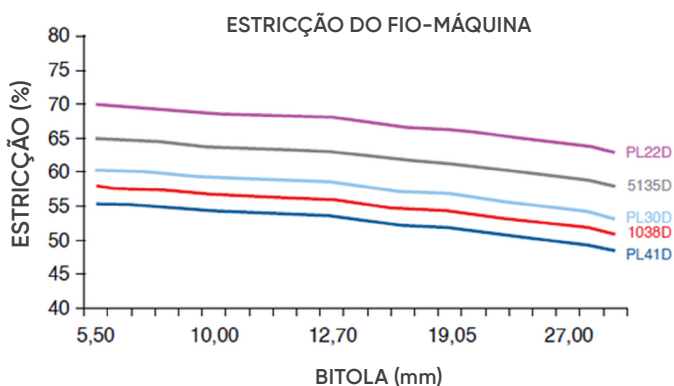
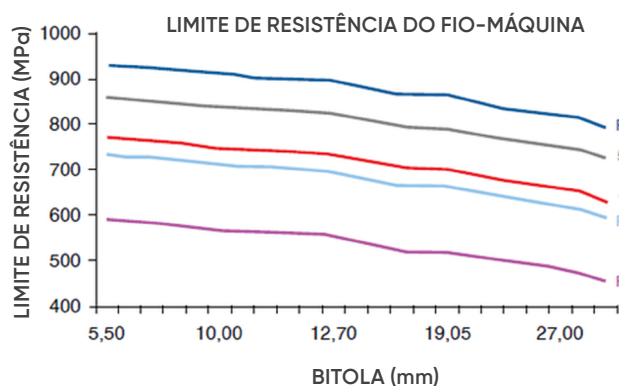
Aço	Nomenclatura	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Mo	%Ni
1038D	SAE 1038	0,380 – 0,420	0,850 – 1,050	0,150 – 0,300	0,250 – 0,350	-	-
4135D	SAE 4135	0,330 – 0,370	0,700 – 0,900	0,150 – 0,300	0,900 – 1,100	0,150 – 0,250	≤ 0,080
4140D	SAE 4140	0,380 – 0,430	0,750 – 0,900	0,150 – 0,300	0,900 – 1,100	0,150 – 0,250	≤ 0,080
5135D	SAE 5135	0,340 – 0,380	0,700 – 0,800	0,150 – 0,300	0,900 – 1,050	-	-
PL41D	DIN 41Cr4	0,400 – 0,450	0,650 – 0,800	0,150 – 0,300	1,000 – 1,200	-	≤ 0,100
PL16D	DIN 16MnCr5	0,140 – 0,180	1,000 – 1,200	0,150 – 0,300	0,800 – 1,100	≤ 0,050	≤ 0,100
PL45D	SAE 1045 mod	0,430 – 0,480	0,600 – 0,900	0,150 – 0,300	0,150 – 0,300	-	-
PL48D	SAE 1045 mod	0,460 – 0,500	0,800 – 0,900	0,200 – 0,300	0,150 – 0,200	-	-
PL50D	SAE 1050 mod	0,490 – 0,530	0,800 – 0,900	0,200 – 0,300	0,150 – 0,200	-	-
MC18D	DIN 20MnCr5	0,170 – 0,210	1,100 – 1,200	0,150 – 0,300	1,000 – 1,100	≤ 0,050	≤ 0,200

Aços ao boro para têmpera

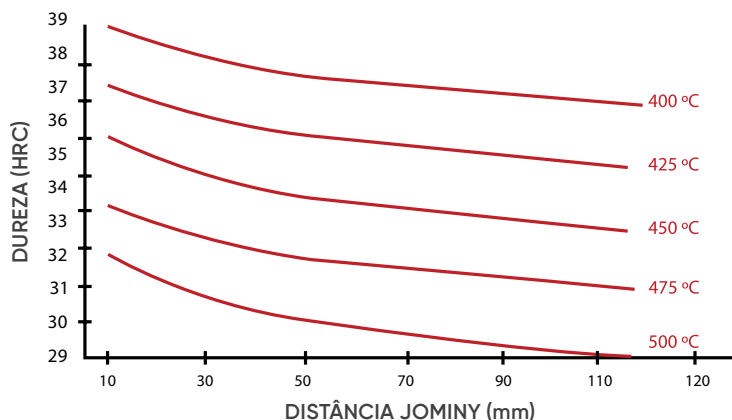
Fixadores ao boro (alta temperabilidade)

Aço	Nomenclatura	%C	%Mn	%Si	%Cr	%B	%Mo	%Ti
PL21D	SAE 10B22	0,190 – 0,230	0,750 – 0,900	0,150 – 0,300	0,100 – 0,200	≤ 0,050	≤ 0,100	0,020 – 0,040
PL22D	SAE 10B22 mod	0,190 – 0,230	1,050 – 1,250	0,150 – 0,300	0,100 – 0,200	0,001 α 0,003	-	0,020 – 0,040
PL30D	SAE 10B30 mod	0,300 – 0,340	0,800 – 1,000	0,150 – 0,300	0,300 – 0,400	0,001 α 0,003	-	0,020 – 0,040
PL33D	-	0,330 – 0,400	0,300 – 0,500	0,150 – 0,300	0,950 – 1,240	0,001 α 0,003	≤ 0,050	0,020 – 0,040

Comparação de propriedades dos aços para fixadores



Previsão da variação das propriedades mecânicas do aço PL30 no revenimento



1.8.3. Aços para usinagem



Bitola e tolerância

Disponíveis em Fio-Máquina (redondo) e Barras Trefiladas (redondas e sextavadas).
Bitolas e tolerâncias sob consulta.

Comprimento das barras

Comprimento padrão de 3 m. Outros sob consulta.
Tolerância no comprimento +100/-0 ou sob consulta.

Acondicionamento

São acondicionados em feixes com cintas de aço sobre tiras de plástico, com peso de 1,0 t a 2,0 t, dependendo da bitola das barras. Outros pesos podem ser fornecidos sob consulta.

Certificação

Certificado de Qualidade com dados de identificação das barras e análise química.

Composição química dos aços

Família	Aço	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Pb
Usinagem fácil	11SMn30 (BL12)	0,06 - 0,10	0,90 - 1,30	≤ 0,11	0,27 - 0,33	≤ 0,05	-
	11SMn37 (BL15)	≤ 0,14	1,00 - 1,50	≤ 0,11	0,34 - 0,40	≤ 0,05	-
	SAE 12L14	0,05 - 0,10	0,85 - 1,30	0,040 - 0,090	0,26 - 0,40	≤ 0,02	0,20 - 0,35

1.8.4. Aços para haste de amortecedor

Bitola e tolerância

Estão disponíveis nas bitolas de 8,00 mm a 22,40 mm, com tolerância h11.

Comprimento das barras

Normalmente, as barras para hastes de amortecedor têm especificações de comprimentos e tolerâncias de corte particulares a cada aplicação, visando elevar ao máximo o rendimento em blanks.

Tolerância no comprimento: -0/+50 mm.

Retilidade

O empeno normal especificado é de 1,0 mm/m.

Acondicionamento

São acondicionados em feixes sextavados com cintas de aço sobre tiras de plástico polipropileno, com peso entre 1,0 t e 2,0 t.

Condições de fornecimento

As barras são fornecidas na condição trefilada.
Fornecimento em blanks sob consulta.



Estrutura

Ferrita mais perlita lamelar com distribuição homogênea.
Tamanho de grão ASTM 6 ou mais fino, homogêneo.

Descarbonetação parcial e total

A descarbonetação total não é aceita em qualquer nível. A descarbonetação parcial é aceita em 1% do diâmetro.

Certificação

Análise química e resultados de ensaios físicos conforme especificados pelos clientes.

1.8.5. Aços para ferramentas manuais

Aços de baixa liga desenvolvidos para a produção de ferramentas manuais, tais como: chaves de aperto (chaves combinadas, bielas, fixa, estrelas, etc.), alicates, soquetes, brocas (madeira, metal, concreto), limas mecânicas (chata, meia-cana), grosas, entre outras ferramentas manuais.

Os aços ligados ao Cr (cromo) e V (vanádio) proporcionam excelentes propriedades nas exigências da sua aplicação/utilização, tais como: dureza, resistência a corrosão, etc.

Outros aços foram desenvolvidos para atender às exigências das diversas aplicações das ferramentas manuais.

Composição química dos aços

Aço	Nomenclatura	%C	%Mn	%S	%P	%Si
31CrV3 (aço ao vanádio)	DIN 31CrV3	0,290-0,350	0,400-0,600	0,015 máx	0,015 máx	0,250-0,400
6150 (aço ao vanádio)	SAE 6150	0,490-0,530	0,800-0,900	0,015 máx	0,015 máx	0,250-0,350
AM54	SAE 9254	0,540-0,590	0,600-0,800	0,015 máx	0,015 máx	1,300-1,500
BC92	SAE 1092 mod	0,880-0,960	0,250-0,500	0,020 máx	0,015 máx	0,150-0,300
5140	SAE 5140	0,380-0,430	0,750-0,900	0,015 máx	0,015 máx	0,150-0,300
PL48D	SAE 1045 + Cr	0,460-0,500	0,800-0,900	0,030 máx	0,030 máx	0,200-0,300

Composição química dos aços

Aço	Nomenclatura	%Al	%Cr	%Ni	%Mo	%V
31CrV3 (aço ao vanádio)	DIN 31CrV3	0,015-0,040	0,400-0,700	0,200máx	0,100máx	0,070-0,120
6150 (aço ao vanádio)	SAE 6150	0,015-0,040	1,000-1,100	0,100-0,200	0,030-0,060	0,150-0,200
AM54	SAE 9254	0,005 máx	0,600-0,800	0,100 máx	0,050 máx	0,008 máx
BC92	SAE 1092 mod	0,008 máx	0,180-0,300	0,040 máx	0,010 máx	0,020 máx
5140	SAE 5140	0,020-0,045	0,750-0,900	0,100-0,200	0,050 máx	0,040 máx
PL48D	SAE 1045 + Cr	0,020-0,080	0,150-0,200	-	-	-

1.9. Aços ArcelorMittal – Principais características

	ArcelorMittal	Similares AISI/SAE/DIN	Composição química (%)							Principais aplicações	Características
			C	Mn	P	S	Si	Cr	Outros		
Aço estrutural	MR 250	ASTM A36	≤ 0,23	-	≤ 0,040	≤ 0,050	≤ 0,40	≤ 0,35	-	Perfis estruturais e serralheria	Aços com boas características de resistência mecânica, conformabilidade, usinabilidade e soldabilidade
	AR 350	ASTM A572 G50	≤ 0,23	0,50 – 1,35	≤ 0,040	≤ 0,050	0,10 – 0,40	≤ 0,35	%V: ≤ 0,15 %Nb: ≤ 0,050		
	AR 415	ASTM A572 G60	≤ 0,26	0,50 – 1,35	≤ 0,040	≤ 0,050	0,10 – 0,40	≤ 0,35	%V: ≤ 0,15 %Nb: ≤ 0,050		
Aço para construção mecânica	1020	1020	0,18 – 0,23	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050	-	-	-	Indústria automobilística, forjados	Boa conformabilidade a frio e usinabilidade. Limitada a usinabilidade
	1045	1045	0,43 – 0,50	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050	-	-	-	Pecas para indústria automobilística, como eixos	Boa conformabilidade a quente e usinabilidade
	4140	4140	0,38 – 0,43	0,75 – 1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15 – 0,35	0,80 – 1,10	%Mo: 0,15 – 0,25	Componentes mecânicos diversos, forjados ou usinados	Aço para beneficiamento, com boa resistência mecânica e tenacidade
	5160	5160	0,56 – 0,64	0,75 – 1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15 – 0,35	0,70 – 0,90	-	Feixes de molas, abraçadeiras de andaimes e implementos agrícolas	Boa temperabilidade, alta resistência à tração, fadiga e trabalho acima de 300°C
	6150	6150	0,48 – 0,53	0,70 – 0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15 – 0,35	0,80 – 1,10	%V: ≥ 0,15	Feixes de molas e ferramentas manuais	Alta resistência à tração, boa elasticidade e resistência à fadiga
	8620	8620	0,18 – 0,23	0,70 – 0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15 – 0,35	0,40 – 0,60	%Ni: 0,40 – 0,70 %Mo: 0,15 – 0,25	Engrenagens, coroa, pinhões, correntes e outros componentes cementados	Aço de baixa liga para cementação
	MC18	20MnCr5	0,17 – 0,22	1,10 – 1,40	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15 – 0,40	1,00 – 1,30	-	Elos, pinos, buchas, guias e roletes para esteiras de trator	Boa resistência mecânica e à fadiga
	MC26	34MnCr5 Mod	0,36 – 0,39	1,20 – 1,40	≤ 0,035	≤ 0,035	0,20 – 0,35	0,35 – 0,45	-		Boa usinabilidade, alta resistência ao desgaste e boa resposta ao tratamento térmico
	MC30	34MnCr5	0,32 – 0,36	1,20 – 1,40	≤ 0,035	≤ 0,035	0,20 – 0,35	0,35 – 0,45	-		Alta resistência mecânica e boa conformabilidade
	15B24	15B24Cr	0,24 – 0,27	0,85 – 1,15	≤ 0,030	≤ 0,030	0,20 – 0,35	0,15 – 0,30	%B: 0,001 – 0,004		Boa resposta ao tratamento térmico, excelente resistência ao desgaste e boa tenacidade
	MB33	34MnB5	0,32 – 0,36	1,30 – 1,50	≤ 0,030	≤ 0,030	0,20 – 0,40	0,20 – 0,40	%B: 0,001 – 0,004		Boa resposta ao tratamento térmico, excelente resistência ao desgaste e boa tenacidade
	42MC	42MnCr5	0,40 – 0,44	1,20 – 1,40	≤ 0,035	≤ 0,035	0,20 – 0,35	0,25 – 0,35	-		Boa resposta ao tratamento térmico, excelente resistência ao desgaste e boa tenacidade
	45MV	45MnV4	0,43 – 0,47	1,00 – 1,20	≤ 0,035	≤ 0,035	0,20 – 0,35	-	%V: 0,10 – 0,15		Boa resposta ao tratamento térmico e boa tenacidade

	ArcelorMittal	Similares AISI/SAE/DIN	Composição química (%)							Principais aplicações	Características
			C	Mn	P	S	Si	Cr	Outros		
Aço para hastes de amortecedores	CK25	CK25	0,22 – 0,28	0,40 – 0,60	≤ 0,030	≤ 0,030	0,15 – 0,30	–	%Al: 0,020 – 0,080	Eixos, pinos, hastes de amortecedores estruturais e convencionais	Boa usinabilidade, temperabilidade, soldabilidade e resistência mecânica
	CK35	CK35	0,35 – 0,39	0,60 – 0,75	≤ 0,025	≤ 0,030	0,15 – 0,35	–	%Al: 0,020 – 0,070		
	CK40	CK40	0,43 – 0,47	0,60 – 0,80	≤ 0,030	≤ 0,030	0,15 – 0,35	–	%Al + %Nb: 0,020 – 0,050		
	1045+	1045	0,43 – 0,47	0,60 – 0,80	≤ 0,030	0,015 – 0,040	0,15 – 0,30	–	%Al + %Nb: 0,020 – 0,050		
Aço para molas e barras estabilizadoras	HK60	5160	0,56 – 0,64	0,75 – 1,00	≤ 0,030	≤ 0,035	0,15 – 0,35	0,70 – 0,90	%Al: 0,015 – 0,040	Molas helicoidais altamente solicitadas e barras estabilizadoras	Boa temperabilidade e alta resistência à tração e fadiga. Ideal para processo de conformação a quente
	51B60	51B60	0,56 – 0,64	0,75 – 1,00	≤ 0,030	≤ 0,035	0,15 – 0,35	0,70 – 0,90	%B: 0,0005 – 0,0030		Boa temperabilidade e alta resistência à tração e fadiga. Ideal para processo de conformação a frio
	HK54	9254	0,51 – 0,59	0,60 – 0,80	≤ 0,015	≤ 0,015	1,20 – 1,60	0,60 – 0,80	%Al: 0,015 – 0,040		
	9254	9254	0,51 – 0,59	0,60 – 0,80	≤ 0,015	≤ 0,015	1,30 – 1,55	0,60 – 0,80	–		
	38Mn6	38Mn6	0,34 – 0,40	1,40 – 1,65	≤ 0,020	≤ 0,010	0,15 – 0,35	≤ 0,100	%Al: 0,015 – 0,040		Boa temperabilidade e alta resistência à tração e fadiga
Corte fácil	11SMn30	11SMn30	0,05 – 0,14	0,09 – 1,30	0,04 – 0,10	0,27 – 0,33	≤ 0,020	–	–	Aços com usinabilidade melhorada	Elevada usinabilidade. Aços resulfurados e refosforados
	BL15	11SMn37	≤ 0,15	1,10 – 1,50	0,04 – 0,10	0,34 – 0,40	≤ 0,020	–	–		Elevada usinabilidade. Aço resulfurado e ao chumbo
	12L14	12L14	≤ 0,15	0,85 – 1,15	0,04 – 0,09	0,26 – 0,35	–	–	%Pb: 0,15 – 0,35		
Fixadores	1018L	1018	0,15 – 0,20	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050	–	–	–	Parafusos fendados e cementados	Boa conformabilidade a frio e razoável usinabilidade
	1038D	1038	0,35 – 0,42	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050	–	–	–	Parafusos classe 8.8	Alta temperabilidade, boa conformabilidade a quente, razoável usinabilidade e reduzida soldabilidade. Elevada resistência mecânica
	4135	4135	0,33 – 0,38	0,70 – 0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15 – 0,35	0,80 – 1,10	%Mo: 0,15 – 0,25	Parafusos classe 10.9 e acima	
	4140	4140	0,38 – 0,43	0,75 – 1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15 – 0,35	0,80 – 1,10	%Mo: 0,15 – 0,25		
	5135	5135	0,33 – 0,38	0,60 – 0,80	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15 – 0,35	0,80 – 1,05	–	Parafusos classe 8.8 e 10.9	
	PA03	1005	≤ 0,06	≤ 0,35	≤ 0,040	≤ 0,050	–	–	–	Parafusos comerciais	Excelente conformabilidade a frio, baixa usinabilidade e resistência mecânica
	PC10	1010	0,08 – 0,13	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050	–	–	–	Parafusos e porcas comerciais	Boa ductilidade a frio e conformabilidade a frio. Usinabilidade ruim e baixa resistência mecânica
	PC15	1015	0,13 – 0,18	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050	–	–	–	Parafusos e porcas comerciais	
	PC20	1020	0,18 – 0,23	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050	–	–	–	Parafusos classe 5.8 e porcas tipo solda	
	PC25L	1022	0,18 – 0,23	0,70 – 1,00	≤ 0,040	≤ 0,050	–	≤ 0,05	–	Parafusos fendados e cementados	
	PL22	10B22	0,19 – 0,23	1,05 – 1,25	≤ 0,040	≤ 0,050	0,15 – 0,30	0,10 – 0,20	%B: 0,001 a 0,003	Parafusos classe 8.8	Alta temperabilidade, boa conformabilidade a frio, razoável resistência mecânica
	PL30	10B30	0,30 – 0,34	0,80 – 1,00	≤ 0,040	≤ 0,050	0,15 – 0,30	0,30 – 0,40	%B: 0,001 a 0,003	Parafusos classe 8.8 e 10.9	
	PL41	5140 Mod	0,40 – 0,45	0,65 – 0,80	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15 – 0,30	1,00 – 1,20	–	Parafusos classe 10.9 e acima	Elevadíssima temperabilidade, boa conformabilidade a quente, razoável usinabilidade e reduzida soldabilidade. Elevada resistência mecânica

2. Composição química

2.1. Aços-carbono conforme SAE J403:2024

2.1.1. Aços-carbono – Análise de panela conf. SAE J403:2024

2.2. Aços ligados conforme SAE J404:2009

2.3. SAE J1268:2010 – Aços-carbono Comuns e Ligados da série H

2.4. Composição química – Norma DIN



2.1. Aços-carbono conforme SAE J403:2024 (máximo 1,00%)

Composição química (%)				
ABNT/SAE/AISI	C	Mn	P	S
1006	≤ 0,08	0,25 – 0,40	≤ 0,040	≤ 0,050
1008	≤ 0,10	0,30 – 0,50	≤ 0,040	≤ 0,050
1010	0,08 – 0,13	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1012	0,10 – 0,15	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1013	0,11 – 0,16	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1015	0,13 – 0,18	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1016	0,13 – 0,18	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1017	0,15 – 0,20	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1018	0,15 – 0,20	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1020	0,18 – 0,23	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1021	0,18 – 0,23	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1022	0,18 – 0,23	0,70 – 1,00	≤ 0,040	≤ 0,050
1025	0,22 – 0,28	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1026	0,22 – 0,28	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1030	0,28 – 0,34	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1035	0,32 – 0,38	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1038	0,35 – 0,42	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1040	0,37 – 0,44	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1042	0,40 – 0,47	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1043	0,40 – 0,47	0,70 – 1,00	≤ 0,040	≤ 0,050
1044	0,43 – 0,50	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1045	0,43 – 0,50	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1050	0,48 – 0,55	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1055	0,50 – 0,60	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1060	0,55 – 0,65	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1065	0,60 – 0,70	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1070	0,65 – 0,75	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1074	0,70 – 0,80	0,50 – 0,80	≤ 0,040	≤ 0,050
1075	0,70 – 0,80	0,40 – 0,70	≤ 0,040	≤ 0,050
1078	0,72 – 0,85	0,30 – 0,60	≤ 0,040	≤ 0,050
1080	0,75 – 0,88	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1084	0,80 – 0,93	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1085	0,80 – 0,93	0,70 – 1,00	≤ 0,040	≤ 0,050
1086	0,80 – 0,93	0,30 – 0,50	≤ 0,040	≤ 0,050
1090	0,85 – 0,98	0,60 – 0,90	≤ 0,040	≤ 0,050
1095	0,90 – 1,03	0,30 – 0,50	≤ 0,040	≤ 0,050

Nota: Silício (Si) – Esses aços são produzidos com silício na faixa de 0,15–0,35%. Outras faixas e limites podem ser atendidas mediante consulta.

2.1.1. Aços-carbono – Análise de panela conforme SAE J403:2024

Elemento	Limite máximo de faixa especificado (%)	Faixa (%)	Menor limite máximo (%)
Carbono	até 0,25 incl.	0,05	0,01
	acima de 0,25 a 0,40 incl.	0,06	
	acima de 0,40 a 0,55 incl.	0,07	
	acima de 0,55 a 0,80 incl.	0,10	
	acima de 0,80 incl.	0,13	
Manganês	até 0,40 incl.	0,15	0,35
	acima de 0,40 a 0,50 incl.	0,20	
	acima de 0,50 a 1,65 incl.	0,30	
Fósforo	acima de 0,040 a 0,08 incl.	0,03	0,03
	acima de 0,08 a 0,13 incl.	0,05	
Enxofre	acima de 0,05 a 0,09 incl.	0,03	0,035
	acima de 0,09 a 0,15 incl.	0,05	
	acima de 0,15 a 0,23 incl.	0,07	
	acima de 0,23 a 0,35 incl.	0,09	
Silício	até 0,15 incl.	0,08	-
	acima de 0,15 a 0,20 incl.	0,10	
	acima de 0,20 a 0,30 incl.	0,15	
	acima de 0,30 a 0,60 incl.	0,20	
Cobre	Quando requerido, usa-se geralmente 0,20% mínimo		
Chumbo	Quando requerido, usa-se 0,15 – 0,35		
Boro	Quando solicitado grão refinado, usa-se geralmente %B = 0,0005 – 0,0030		

Notas:

(a) As faixas de carbono indicadas são aplicadas em aços cujo limite máximo da faixa de manganês não exceda 1,10%. Quando o limite exceder 1,10%, acrescenta-se 0,01% à faixa de carbono.

(b) O chumbo é indicado somente em uma faixa de 0,15 – 0,35%, uma vez que é adicionado ao aço durante o ligamento.



2.2. Aços ligados conforme SAE J404:2009

Composição química (%)									
Nº SAE	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V
1330	0,28–0,33	1,60–1,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	–	–	–
1335	0,33–0,38	1,60–1,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	–	–	–
1340	0,38–0,43	1,60–1,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	–	–	–
1345	0,43–0,48	1,60–1,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	–	–	–
4023	0,20–0,25	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	–	0,20–0,30	–
4024	0,20–0,25	0,70–0,90	≤ 0,030	0,035–0,050	0,15–0,35	–	–	0,20–0,30	–
4027	0,25–0,30	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	–	0,20–0,30	–
4028	0,25–0,30	0,70–0,90	≤ 0,030	0,035–0,050	0,15–0,30	–	–	0,20–0,30	–
4032	0,30–0,35	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,30	–	–	0,20–0,30	–
4037	0,35–0,40	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	–	0,20–0,30	–
4042	0,40–0,45	0,70–0,90	≤ 0,035	≤ 0,040	0,15–0,30	–	–	0,20–0,30	–
4047	0,45–0,50	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	–	0,20–0,30	–
4118	0,18–0,23	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,40–0,60	0,08–0,15	–
4130	0,28–0,33	0,40–0,60	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	0,15–0,25	–
4135	0,33–0,38	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	0,15–0,25	–
4137	0,35–0,40	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	0,15–0,25	–
4140	0,38–0,43	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	0,15–0,25	–
4142	0,40–0,45	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	0,15–0,25	–
4145	0,43–0,48	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	0,15–0,25	–
4147	0,45–0,50	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	0,15–0,25	–
4150	0,48–0,53	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	0,15–0,25	–
4161	0,56–0,64	0,75–1,00	≤ 0,035	≤ 0,040	0,15–0,30	–	0,70–0,90	0,25–0,35	–
4320	0,17–0,22	0,45–0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	1,65–2,00	0,40–0,60	0,20–0,30	–
4340	0,38–0,43	0,60–0,80	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	1,65–2,00	0,70–0,90	0,20–0,30	–
4615	0,13–0,18	0,45–0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	1,65–2,00	–	0,20–0,30	–
4617	0,15–0,20	0,45–0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	1,65–2,00	–	0,20–0,30	–
4620	0,17–0,22	0,45–0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	1,65–2,00	–	0,20–0,30	–
4626	0,24–0,29	0,45–0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,70–1,00	–	0,15–0,25	–
4718	0,16–0,21	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,90–1,20	0,35–0,55	0,30–0,40	–
4720	0,17–0,22	0,50–0,70	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,90–1,20	0,35–0,55	0,15–0,25	–
4815	0,13–0,18	0,40–0,60	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	3,25–3,75	–	0,20–0,30	–
4817	0,15–0,20	0,40–0,60	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	3,25–3,75	–	0,20–0,30	–
4820	0,18–0,23	0,50–0,70	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	3,25–3,75	–	0,20–0,30	–
5065	0,65–0,64	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,40–0,60	–	–
5060 (C)	0,55–0,64	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,40–0,60	–	–
5115	0,13–0,18	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,70–0,90	–	–
5120	0,17–0,22	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,70–0,90	–	–
5130	0,28–0,33	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	–	–
5135	0,33–0,38	0,60–0,80	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,05	–	–
5140	0,38–0,43	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,70–0,90	–	–

Composição química (%)

Nº SAE	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V
5147	0,46–0,51	0,70–0,95	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,85–1,15	–	–
5150	0,48–0,53	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,70–0,90	–	–
5155	0,51–0,59	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,70–0,90	–	–
5160	0,56–0,64	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,70–0,90	–	–
5180	0,56–0,64	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,70–0,90	–	–
50100 (b)	0,98–1,10	0,25–0,45	≤ 0,025	≤ 0,025	0,15–0,35	–	0,40–0,60	–	–
51100 (b)	0,98–1,10	0,25–0,45	≤ 0,025	≤ 0,025	0,15–0,35	–	0,90–1,15	–	–
52100 (b)	0,98–1,10	0,25–0,45	≤ 0,025	≤ 0,025	0,15–0,35	–	1,30–1,60	–	–
6118	0,16–0,21	0,50–0,70	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,50–0,70	–	≤ 0,10–0,15
6150	0,48–0,53	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	–	0,80–1,10	–	≤ 0,15 mín.
8115	0,13–0,18	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,20–0,40	0,30–0,50	0,08–0,15	–
8617	0,15–0,20	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8620	0,18–0,23	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8622	0,20–0,25	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8625	0,23–0,28	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8627	0,25–0,30	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8640	0,38–0,43	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8645	0,43–0,48	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8650	0,48–0,53	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8655	0,51–0,59	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8660	0,56–0,64	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8720	0,18–0,23	0,70–0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,20–0,30	–
8740	0,40–0,45	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,15–0,25	–
8822	0,20–0,25	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15–0,35	0,40–0,70	0,40–0,60	0,30–0,40	–
9254	0,51–0,59	0,60–0,80	≤ 0,030	≤ 0,040	1,20–1,60	–	0,60–0,80	–	–
9260	0,56–0,64	0,75–1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	1,80–2,20	–	–	–	–

Notas:

(a) Pequenas quantidades de certos elementos que não estão especificados podem ocorrer dentro dos seguintes limites:

- Cromo (Cr) 0,20% máx.
- Níquel (Ni) 0,25% máx.
- Molibdênio (Mo) 0,06% máx.
- Cobre (Cu) 0,35% máx.

(b) Aço de forno elétrico.

(c) Esses aços contêm boro na faixa de 0,0005% - 0,0030%.

Após ligados, podem ser fornecidos com adição de chumbo na faixa de 0,15% - 0,35%.



2.3. SAE J1268:2010 - Aços-Carbono Comuns e Ligados da série H

Aços-carbono e carbono-boro de faixa H, conforme SAE J1268:2010					
SAE	C	Mn	Si	P	S
1038H	0,34–0,43	0,50–1,00	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
1045H	0,42–0,51	0,50–1,00	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
1522H	0,17–0,25	1,00–1,50	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
1524H	0,18–0,26	1,21–1,75	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
1526H	0,21–0,30	1,00–1,50	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
1541H	0,35–0,45	1,25–1,75	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
15B21H ¹	0,17–0,24	0,70–1,20	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
15B28H ¹	0,25–0,34	1,00–1,50	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
15B30H ¹	0,27–0,35	0,70–1,20	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
15B35H ¹	0,31–0,39	0,70–1,20	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
15B37H ¹	0,30–0,39	1,00–1,50	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
15B41H ¹	0,35–0,45	1,25–1,75	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
15B48H ¹	0,43–0,53	1,00–1,50	0,15–0,35	≤ 0,030	≤ 0,050
15B62H ¹	0,54–0,67	1,00–1,50	0,40–0,60	≤ 0,030	≤ 0,050

¹ Contém %B = 0,0005 - 0,003.

Aços ligados de faixa H, conforme SAE J1268:2010 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾							
Nº SAE	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
1330H	0,27/0,33	1,45/2,05	0,15/0,35	–	–	–	–
1335H	0,32/0,38	1,45/2,05	0,15/0,35	–	–	–	–
1340H	0,37/0,44	1,45/2,05	0,15/0,35	–	–	–	–
1345H	0,42/0,49	1,45/2,05	0,15/0,35	–	–	–	–
4027H	0,24/0,30	0,60/1,00	0,15/0,35	–	–	0,20/0,30	–
4028H ⁽⁴⁾	0,24/0,30	0,60/1,00	0,15/0,35	–	–	0,20/0,30	–
4032H	0,29/0,35	0,60/1,00	0,15/0,35	–	–	0,20/0,30	–
4037H	0,34/0,41	0,60/1,00	0,15/0,35	–	–	0,20/0,30	–
4042H	0,39/0,46	0,60/1,00	0,15/0,35	–	–	0,20/0,30	–
4047H	0,44/0,51	0,60/1,00	0,15/0,35	–	–	0,20/0,30	–
4118H	0,17/0,23	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,30/0,70	0,08/0,15	–
4120H	0,18/0,23	0,90/1,20	0,15/0,35	–	0,40/0,60	0,13/0,20	–
4130H	0,27/0,33	0,30/0,70	0,15/0,35	–	0,75/1,20	0,15/0,25	–
4135H	0,32/0,38	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,75/1,20	0,15/0,25	–
4137H	0,34/0,41	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,75/1,20	0,15/0,25	–
4140H	0,37/0,44	0,65/1,00	0,15/0,35	–	0,75/1,20	0,15/0,25	–
4142H	0,39/0,46	0,65/1,00	0,15/0,35	–	0,75/1,20	0,15/0,25	–
4145H	0,42/0,49	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,75/1,20	0,15/0,25	–
4147H	0,44/0,51	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,75/1,20	0,15/0,25	–
4150H	0,47/0,54	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,75/1,20	0,15/0,25	–

Aços ligados de faixa H, conforme SAE J1268:2010⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Nº SAE	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
4161H	0,55/0,65	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,65/0,95	0,25/0,35	–
4320H	0,17/0,23	0,40/0,70	0,15/0,35	1,55/2,00	0,35/0,65	0,20/0,30	–
4340H	0,37/0,44	0,55/0,90	0,15/0,35	1,55/2,00	0,65/0,95	0,20/0,30	–
E4340H ⁽⁵⁾	0,37/0,44	0,60/0,95	0,15/0,35	1,55/2,00	0,65/0,95	0,20/0,30	–
4620H	0,17/0,23	0,35/0,75	0,15/0,35	1,55/2,00	–	0,20/0,30	–
4718H	0,15/0,21	0,60/0,95	0,15/0,35	0,85/1,25	0,30/0,60	0,30/0,40	–
4720H	0,17/0,23	0,45/0,75	0,15/0,35	0,85/1,25	0,30/0,60	0,15/0,25	–
4815H	0,12/0,18	0,30/0,70	0,15/0,35	3,20/3,80	–	0,20/0,30	–
4817H	0,14/0,20	0,30/0,70	0,15/0,35	3,20/3,80	–	0,20/0,30	–
4820H	0,17/0,23	0,40/0,80	0,15/0,35	3,20/3,80	–	0,20/0,30	–
50B40H ⁽⁶⁾	0,37/0,44	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,30/0,70	–	–
50B44H ⁽⁶⁾	0,42/0,49	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,30/0,70	–	–
5046H	0,43/0,50	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,13/0,43	–	–
50B46H ⁽⁶⁾	0,43/0,50	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,13/0,43	–	–
50B50H ⁽⁶⁾	0,47/0,54	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,30/0,70	–	–
50B60H ⁽⁶⁾	0,55/0,65	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,30/0,70	–	–
5120H	0,17/0,23	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,60/1,00	–	–
5130H	0,27/0,33	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,75/1,20	–	–
5132H	0,29/0,35	0,50/0,90	0,15/0,35	–	0,65/1,10	–	–
5135H	0,32/0,38	0,50/0,90	0,15/0,35	–	0,70/1,15	–	–
5140H	0,37/0,44	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,60/1,00	–	–
5147H	0,45/0,52	0,60/1,05	0,15/0,35	–	0,80/1,25	–	–
5150H	0,47/0,54	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,60/1,00	–	–
5155H	0,50/0,60	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,60/1,00	–	–
5160H	0,55/0,65	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,60/1,00	–	–
51B60H ⁽⁶⁾	0,55/0,65	0,65/1,10	0,15/0,35	–	0,60/1,00	–	–
6118H	0,15/0,21	0,40/0,80	0,15/0,35	–	0,40/0,80	–	0,10/0,15
6150H	0,47/0,54	0,60/1,00	0,15/0,35	–	0,75/1,20	–	≥ 0,15
81B45H ⁽⁶⁾	0,42/0,49	0,70/1,05	0,15/0,35	0,15/0,45	0,30/0,60	0,08/0,15	–
8617H	0,14/0,20	0,60/0,95	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8620H	0,17/0,23	0,60/0,95	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8622H	0,19/0,25	0,60/0,95	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8625H	0,22/0,28	0,60/0,95	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8627H	0,24/0,30	0,60/0,95	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8630H	0,27/0,33	0,60/0,95	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
86B30H ⁽⁶⁾	0,27/0,33	0,60/0,95	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8637H	0,34/0,41	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8640H	0,37/0,44	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8642H	0,39/0,46	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
86B45H ⁽⁶⁾	0,42/0,49	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8650H	0,47/0,54	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8655H	0,50/0,60	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8660H	0,55/0,65	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,15/0,25	–
8720H	0,17/0,23	0,60/0,95	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,20/0,30	–

Aços Ligados de faixa H, conforme SAE J1268:2010⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Nº SAE	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
8740H	0,37/0,44	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,20/0,30	–
8822H	0,19/0,25	0,70/1,05	0,15/0,35	0,35/0,75	0,35/0,65	0,30/0,40	–
9259H	0,56/0,64	0,65/1,10	0,70/1,20	–	0,45/0,65	–	–
9260H	0,55/0,65	0,65/1,10	1,70/2,20	–	–	–	–
E9310H ⁽⁵⁾	0,07/0,13	0,40/0,70	0,15/0,35	2,95/3,55	1,00/1,45	0,08/0,15	–
94B15H ⁽⁶⁾	0,12/0,18	0,70/1,05	0,15/0,35	0,25/0,65	0,25/0,55	0,08/0,15	–
94B17H ⁽⁶⁾	0,14/0,20	0,70/1,05	0,15/0,35	0,25/0,65	0,25/0,55	0,08/0,15	–
94B30H ⁽⁶⁾	0,27/0,33	0,70/1,05	0,15/0,35	0,25/0,65	0,25/0,55	0,08/0,15	–

⁽¹⁾ As faixas e os limites desta tabela são apenas aplicáveis a materiais cuja seção transversal não exceda a 200 pol² (0,13 m²), 18 pol (460 mm) de largura ou 4.500 kg (10.000 lb) em peso. As faixas e os limites estão sujeitos às variações permissíveis mostradas na SAE J409.

⁽²⁾ Pequenas quantidades de certos elementos não especificados ou exigidos podem ser encontradas nos aços ligados. Esses elementos são considerados residuais e são aceitáveis até os seguintes limites máximos:
Cu ≤ 0,35%, Ni ≤ 0,25%, Cr ≤ 0,20% e Mo ≤ 0,06%.

⁽³⁾ Para fornos de soleira aberta e básicos a oxigênio, são permitidos os seguintes limites máximos: S ≤ 0,040% e P ≤ 0,030%. Para os fornos elétricos, os limites máximos permitidos são S ≤ 0,025% e P ≤ 0,025%.

⁽⁴⁾ É considerado S = 0,035 – 0,050%.

⁽⁵⁾ Aço de forno elétrico.

⁽⁶⁾ Esses aços contêm %B = 0,0005 – 0,003.

2.4. Composição química – Norma DIN

Composição química (%)										
Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
ASt 35	≤ 0,17	≥ 0,40	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,35	–	–	–	–	17135
ASt 41	≤ 0,20	≥ 0,45	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,35	–	–	–	–	17135
ASt 45	≤ 0,22	≥ 0,45	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,35	–	–	–	–	17135
ASt 52	≤ 0,20	≥ 0,45	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,35	–	–	–	–	17135
C 10	0,07–0,13	0,30–0,60	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17210
Ck 10	0,07–0,13	0,30–0,60	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17210
C 15	0,12–0,18	0,30–0,60	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17210
Ck 15	0,12–0,18	0,30–0,60	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17210
Cm 15	0,12–0,18	0,30–0,60	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17210
Cq 15	0,12–0,18	0,30–0,60	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,35	–	–	–	–	1654
C 22 ^(a)	0,17–0,24	0,30–0,60	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Ck 22	0,17–0,24	0,30–0,60	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	–	–	–	17200

Composição química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
Cm 22	0,17–0,24	0,30–0,60	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cq 22	0,18–0,24	0,25–0,50	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	1654
C 25 ^(a)	0,22–0,29	0,40–0,70	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Ck 25	0,22–0,29	0,40–0,70	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cm 25	0,22–0,29	0,40–0,70	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
C 30 ^(a)	0,27–0,34	0,50–0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Ck 30	0,27–0,34	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cm 30	0,27–0,34	0,50–0,80	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
C 35 ^(a)	0,32–0,39	0,50–0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200/17240
Cf 35	0,32–0,39	0,50–0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Ck 35	0,32–0,39	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	–	–	–	–	17200/17240
Cm 35	0,32–0,39	0,50–0,80	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cq 35	0,32–0,39	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	1654/17240
C 40 ^(a)	0,37–0,44	0,50–0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Ck 40	0,37–0,44	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cm 40	0,37–0,44	0,50–0,80	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
C 45	0,42–0,50	0,50–0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cf 45	0,43–0,49	0,50–0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15–0,35	–	–	–	–	17200
Ck 45	0,42–0,50	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cm 45	0,42–0,50	0,50–0,80	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cq 45	0,42–0,50	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,35	–	–	–	–	1654
C 50 ^(a)	0,47–0,55	0,60–0,90	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Ck 50	0,47–0,55	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cm 50	0,47–0,55	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
Cf 53	0,50–0,57	0,40–0,70	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15–0,35	–	–	–	–	17212
C 55 ^(a)	0,52–0,60	0,60–0,90	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200/17222
Ck 55	0,52–0,60	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	–	–	–	–	17200/17222
Cn 55	0,52–0,60	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
C 60	0,57–0,65	0,60–0,90	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	–	–	–	–	17200/17222
Ck 60	0,57–0,65	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	–	–	–	17200/17222
Cm 60	0,57–0,65	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	–	–	–	17200
C 67	0,65–0,72	0,60–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	0,25–0,50	–	–	–	–	17222
Ck 67	0,65–0,72	0,60–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	0,25–0,50	< 0,35	< 0,35	–	–	17222
Cf 70	0,68–0,75	0,20–0,35	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15–0,35	–	–	–	–	17212
C 75	0,70–0,80	0,60–0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	0,15–0,35	–	–	–	–	17222
St 37-2	< 0,20	–	≤ 0,050	≤ 0,050	–	–	–	–	–	17100
St 37-3	< 0,17	–	≤ 0,040	≤ 0,40	–	–	–	–	–	17100
St 44-2	< 0,22	–	≤ 0,050	≤ 0,050	–	–	–	–	–	17100
St 44-3	< 0,20	–	≤ 0,040	≤ 0,040	–	–	–	–	–	17100
St 50-2	–	–	≤ 0,050	≤ 0,050	–	–	–	–	–	17100
St 52	< 0,20	< 1,50	≤ 0,050	≤ 0,050	< 0,55	–	–	–	–	1629
St 52-3	< 0,22	< 1,60	≤ 0,040	≤ 0,040	< 0,55	–	–	–	–	17100
St 60-2	–	–	≤ 0,050	≤ 0,050	–	–	–	–	–	17100

Composição química (%)										
Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
St 70-2	–	–	≤ 0,050	≤ 0,050	–	–	–	–	–	17100
15Cr3	0,12–0,18	0,40–0,60	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,40–0,70	–	–	17210
15CrNi6	0,12–0,17	0,40–0,60	≤ 0,035	0,035	1,40–1,70	1,40–1,70	–	–	–	17210
15Mn3	0,12–0,18	0,70–0,90	≤ 0,040	≤ 0,040	0,10–0,20	–	–	–	–	17115
15Mn3a	0,12–0,18	0,70–0,90	≤ 0,040	≤ 0,040	0,10–0,20	–	–	–	–	17115
16CrMo6	0,15–0,20	0,40–0,60	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	1,40–1,70	1,50–1,80	0,25–0,35	–	17230
16MnCr5	0,14–0,19	1,00–1,30	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,80–1,10	–	–	17210
16MnCrS5	0,14–0,19	1,00–1,30	≤ 0,035	0,020–0,035	0,15–0,40	–	0,80–1,10	–	–	17210
17CrMn6	0,14–0,19	0,40–0,60	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	1,40–1,70	1,50–1,80	–	–	17210
17CrMo14	0,15–0,20	0,40–0,70	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	2,35–3,75	1,30–1,60	0,15–0,25	–	17230
17Mn4	0,14–0,20	0,90–1,20	≤ 0,050	≤ 0,050	0,20–0,40	–	< 0,30	–	–	17155
17MnCr5	0,14–0,19	1,00–1,30	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	–	0,80–1,10	–	–	17230
18CrNi8	0,15–0,20	0,40–0,60	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	1,80–2,10	1,80–2,10	–	–	17210
19Mn5	0,17–0,23	1,00–1,30	≤ 0,050	≤ 0,050	0,40–0,60	–	< 0,30	–	–	17155
19MnCr5	0,17–0,22	1,10–1,40	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	–	1,00–1,30	–	–	17230
20MnCr5	0,17–0,22	1,10–1,40	≤ 0,035	0,020–0,035	0,15–0,40	–	1,00–1,30	–	–	17210
20MoCr4	0,17–0,22	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,30–0,50	0,40–0,50	–	17210
20MoCrS4	0,17–0,22	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	0,15–0,40	–	0,30–0,50	0,40–0,50	–	17210
20NiCrMo2	0,17–0,23	0,60–0,90	≤ 0,024	≤ 0,025	0,10–0,25	0,40–0,70	0,35–0,60	0,15–0,25	–	17115
21CrMoV57	0,17–0,25	0,35–0,85	≤ 0,030	≤ 0,035	0,15–0,35	–	1,20–1,50	0,65–0,80	–	17240
21Mn4	0,16–0,24	0,60–1,10	≤ 0,040	≤ 0,040	0,10–0,25	–	–	–	–	17115
21Mn4a	0,16–0,24	0,80–1,10	≤ 0,040	≤ 0,040	0,10–0,25	–	–	–	–	17115
21MnSi5	0,18–0,24	1,10–1,60	≤ 0,040	≤ 0,040	0,30–0,55	–	–	–	–	17115
21NiCrMo2	0,17–0,23	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	0,40–0,70	0,35–0,65	0,15–0,25	–	1654
24CrMo4	0,20–0,28	0,50–0,80	≤ 0,030	≤ 0,035	0,15–0,35	–	0,90–1,20	0,20–0,35	–	17240
25CrMo4	0,22–0,29	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17200
25CrMoS4	0,22–0,29	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	< 0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17200
25MoCr4	0,23–0,29	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,40–0,60	0,40–0,50	–	17210
25MoCrS4	0,23–0,29	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	0,15–0,40	–	0,40–0,60	0,40–0,50	–	17210
27MnSi5	0,24–0,30	1,10–1,60	≤ 0,040	0,30–0,55	0,30–0,55	–	–	–	–	17115
28Cr4	0,24–0,31	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,90–1,20	–	–	17200
28CrS4	0,24–0,31	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	< 0,40	–	0,90–1,20	–	–	17200
28Mn6	0,25–0,32	1,30–1,65	≤ 0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	–	–	–	17200
30CrMo9	0,26–0,34	0,40–0,70	≤ 0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,30–0,70	0,15–0,25	0,10–0,20	17200
30CrNiMo8	0,26–0,34	0,30–0,60	≤ 0,035	≤ 0,03	< 0,40	1,80–2,20	1,80–2,20	0,30–0,50	–	17200
31CrMo12	0,28–0,35	0,40–0,70	≤ 0,030	≤ 0,035	0,15–0,40	< 0,30	2,80–3,30	0,30–0,50	–	17211
32Cr2	0,28–0,35	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	0,40–0,60	–	–	17200
32CrS	0,28–0,35	0,50–0,80	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	0,40–0,60	–	–	17200
34Cr4	0,30–0,37	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	0,90–1,20	–	–	17200
34CrS4	0,30–0,37	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	0,90–1,20	–	–	17200
34CrMo4	0,30–0,37	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17200
34CrMoS4	0,30–0,37	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17200
34CrNiMo6	0,30–0,38	0,40–0,70	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	1,40–1,70	1,40–1,70	0,15–0,30	–	17200
36CrNiMo4	0,32–0,40	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	0,90–1,20	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17200
37Cr4	0,34–0,41	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	0,90–1,20	–	–	17200
37CrS4	0,34–0,41	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	0,90–1,20	–	–	17200
38Cr2	0,35–0,42	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	0,40–0,60	–	–	17200
38CrS2	0,35–0,42	0,50–0,80	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	0,40–0,60	–	–	17200

Composição química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
38Cr4	0,34–0,40	0,60–0,90	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,90–1,20	–	–	17212
38Si7	0,35–0,42	0,50–0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	1,50–1,80	–	–	–	–	17221
39CrMo4	0,35–0,42	0,40–0,70	≤ 0,030	≤ 0,035	0,15–0,40	–	3,00–3,50	0,80–1,10	0,15–0,25	17211
40CrMoV47	0,36–0,44	0,35–0,85	≤ 0,030	≤ 0,035	0,15–0,35	–	1,20–1,60	0,75–0,85	0,25–0,35	17240
41Cr4	0,38–0,45	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,40	–	0,90–1,20	–	–	17200
41CrS4	0,38–0,45	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	0,90–1,20	–	–	17200
41CrMo4	0,38–0,44	0,50–0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17212
42Cr4	0,38–0,44	0,60–0,90	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,90–1,20	–	–	17212
42CrMo4	0,38–0,45	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17200
42CrMoS4	0,38–0,45	0,60–0,90	≤ 0,035	0,020–0,035	0,15–0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17200
44Cr2	0,42–0,48	0,60–0,90	≤ 0,025	≤ 0,035	≤ 0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17230
45Cr2	0,42–0,48	0,50–0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,40–0,60	–	–	17212
45CrMoV6-7	0,40–0,50	0,60–0,80	≤ 0,030	≤ 0,030	0,15–0,35	–	1,30–1,50	0,65–0,75	0,25–0,35	17225
46Cr2	0,42–0,50	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,40–0,60	–	–	17200
46CrS2	0,42–0,50	0,50–0,80	≤ 0,035	0,020–0,035	≤ 0,40	–	0,40–0,60	–	–	17200
48CrMo4 ^(b)	0,46–0,52	0,50–0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	≤ 0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17230
49CrMo4	0,46–0,52	0,50–0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,30	–	17212
50CrMo4	0,46–0,54	0,50–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	0,37–0,30	–	0,90–1,20	0,15–0,30	≤ 0,06	17200
50CrV4	0,47–0,55	0,70–1,10	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,90–1,20	–	0,10–0,20	17221/17222
51CrMoV4	0,48–0,56	0,70–1,00	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,90–1,20	0,15–0,25	0,07–0,12	17221
51Si7	0,47–0,55	0,50–0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	1,50–1,80	–	–	–	–	17221
55Cr3	0,52–0,59	0,70–1,00	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15–0,40	–	0,60–0,90	–	–	17221
55Si7	0,52–0,60	0,60–0,90	≤ 0,040	≤ 0,040	1,50–2,00	–	–	–	–	17222
60SiCr7	0,55–0,65	0,70–1,00	≤ 0,045	≤ 0,045	1,50–1,80	–	0,20–0,40	–	–	17221
67SiCr5	0,62–0,72	0,40–0,60	≤ 0,035	≤ 0,035	1,20–1,40	–	0,20–0,40	–	–	17222
71Si7	0,68–0,75	0,60–0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	1,50–1,80	–	–	–	–	17222
100Cr6	0,95–1,05	0,20–0,45	≤ 0,027	≤ 0,020	0,17–0,37	≤ 0,30	1,30–1,65	–	–	17230

(a) Faixa de alumínio (metálico) = 0,020 – 0,050%.

(b) Para esses aços, % Cu – 0,030% máximo.

3. Propriedades mecânicas dos aços laminados e trefilados

3.1. Propriedades mecânicas estimadas de barras de aço laminadas a quente e trefiladas

3.2. Durezas esperadas em aços-carbono e ligados no estado normalizado em função da bitola



3.1. Propriedades mecânicas estimadas de Barras de Aço Laminadas a Quente e Trefiladas

Conforme SAE J1397:2024

SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2")%	Z (%)	HB
1006	Laminado	300	170	30	55	86
	Trefilado	330	280	20	45	95
1008	Laminado	303	170	30	55	86
	Trefilado	340	290	20	45	95
1010	Laminado	320	180	28	50	95
	Trefilado	370	300	20	40	105
1012	Laminado	330	180	28	50	95
	Trefilado	370	310	19	40	105
1015	Laminado	340	190	28	50	101
	Trefilado	390	320	18	40	111
1016	Laminado	380	210	25	50	111
	Trefilado	420	350	18	40	121
1017	Laminado	370	200	26	50	105
	Trefilado	410	340	18	40	116
1018	Laminado	400	220	25	50	116
	Trefilado	440	370	15	40	126
1019	Laminado	410	220	25	50	116
	Trefilado	460	380	15	40	131
1020	Laminado	380	210	25	50	111
	Trefilado	420	350	15	40	121
1021	Laminado	420	230	24	48	116
	Trefilado	470	390	15	40	131
1022	Laminado	430	230	23	47	121
	Trefilado	480	400	15	40	137
1023	Laminado	370	210	25	50	111
	Trefilado	430	360	15	40	121
1025	Laminado	400	220	25	50	116
	Trefilado	440	370	15	40	126
1026	Laminado	440	240	24	49	126
	Trefilado	490	410	15	40	143
1030	Laminado	470	260	20	42	137
	Trefilado	520	440	12	35	149
1035	Laminado	500	270	18	40	143
	Trefilado	550	460	12	35	163
1037	Laminado	510	280	18	40	143
	Trefilado	570	480	12	35	167
1038	Laminado	520	280	18	40	149
	Trefilado	570	480	12	35	163
1039	Laminado	540	300	16	40	156
	Trefilado	610	510	12	35	179

Conforme SAE J1397:2024						
SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2")%	Z (%)	HB
1040	Laminado	520	290	18	40	149
	Trefilado	590	490	12	35	170
1042	Laminado	550	300	16	40	163
	Trefilado	610	520	12	35	179
1043	Laminado	570	310	16	40	163
	Trefilado	630	530	12	35	179
1044	Laminado	550	300	16	40	163
1045	Laminado	570	310	16	40	163
	Trefilado	630	530	12	35	179
1046	Laminado	590	320	15	40	170
	Trefilado	650	540	12	35	187
1049	Laminado	600	330	15	35	179
	Trefilado	670	560	10	30	197
1050	Laminado	620	340	15	35	179
	Trefilado	690	580	10	30	197
1055	Laminado	650	360	12	30	192
1060	Laminado	680	370	12	30	201
1064	Laminado	670	370	12	30	201
1065	Laminado	690	380	12	30	207
1070	Laminado	700	390	12	30	212
1074	Laminado	720	400	12	30	217
1078	Laminado	690	380	12	30	207
1080	Laminado	770	420	10	25	229
1084	Laminado	820	450	10	25	241
1085	Laminado	830	460	10	25	248
1086	Laminado	770	420	10	25	229
1090	Laminado	840	460	10	25	248
1095	Laminado	830	460	10	25	248
1108	Laminado	340	190	30	50	101
	Trefilado	390	320	20	40	121
1117	Laminado	430	230	23	47	121
	Trefilado	480	400	15	40	137
1132	Laminado	570	310	16	40	167
	Trefilado	630	530	12	35	183
1137	Laminado	610	330	15	35	179
	Trefilado	680	570	10	30	197
1140	Laminado	540	300	16	40	156
	Trefilado	610	510	12	35	170
1141	Laminado	650	360	15	35	187
	Trefilado	720	610	10	30	212
1144	Laminado	670	370	15	35	197
	Trefilado	740	620	10	30	217
1146	Laminado	590	320	15	40	170
	Trefilado	650	550	12	35	187
1151	Laminado	630	340	15	35	187

Conforme SAE J1397:2024

SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2")%	Z (%)	HB
1151	Trefilado	700	590	10	30	207
1211	Laminado	380	230	25	45	121
	Trefilado	520	400	10	35	163
1212	Laminado	390	230	25	45	121
	Trefilado	540	410	10	35	167
1213	Laminado	390	230	25	45	121
	Trefilado	540	410	10	35	167
12L14	Laminado	390	230	22	45	121
	Trefilado	540	410	10	35	163
1524	Laminado	510	280	20	42	149
	Trefilado	570	480	12	35	163
1527	Laminado	520	280	18	40	149
	Trefilado	570	480	12	35	163
1536	Laminado	570	310	16	40	163
	Trefilado	630	530	12	35	187
1541	Laminado	630	350	15	40	187
	Trefilado	710	600	10	30	207
1548	Laminado	660	370	14	33	197
	Trefilado	730	620	10	28	217
1552	Laminado	740	410	12	30	217

LR = Limite de resistência
 LE = Limite de escoamento
 A (2")% = Alongamento
 Z (%) = Redução em área
 HB = Dureza Brinell

3.2. Durezas esperadas em aços-carbono e ligados no estado normalizado em função da bitola

ABNT/ SAE/ AISI	Temperatura de normalização (°C)	Valores de dureza (HB) para diâmetros em mm			
		13 (1/2")	25 (1")	50 (2")	100 (4")
Aço-carbono para cementação					
1015	925	126	121	116	116
1020	925	131	131	126	121
1022	925	143	143	137	131
1117	900	143	137	137	126

ABNT/ SAE/ AISI	Temperatura de normalização (°C)	Valores de dureza (HB) para diâmetros em mm			
		13 (1/2")	25 (1")	50 (2")	100 (4")
Aço-carbono para beneficiamento					
1030	925	156	149	137	137
1040	900	183	170	167	167
1050	900	223	217	212	201
1060	900	229	229	223	223
1080	900	293	293	285	269
1095	900	302	293	269	255
1137	900	201	197	197	192
1141	900	207	201	201	201
Aço ligado para beneficiamento					
4130	870	217	197	167	163
4140	870	302	302	285	241
4150	870	375	321	311	293
4340	870	388	363	341	321
5140	870	235	229	223	217
5150	870	262	255	248	241
5160	855	285	269	262	217
6150	870	285	269	262	255
8630	870	201	197	187	181
8640	870	269	269	262	255
Aço ligado para cementação					
4118	910	170	156	143	137
4320	895	248	235	212	201
8620	915	197	183	179	165

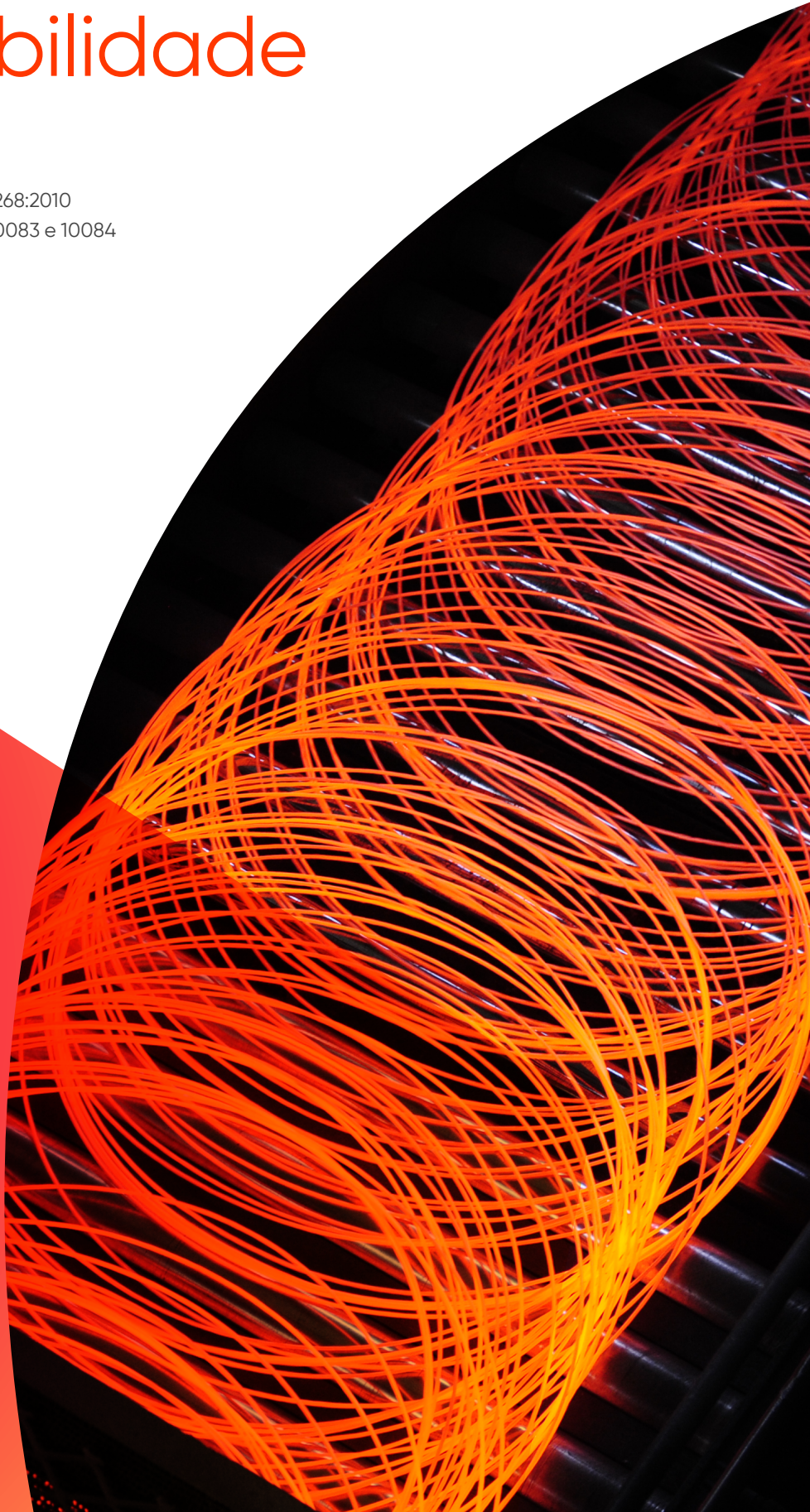
Fonte: ASTM Metals Handbook, 10ª ed., vol. 4 - Obs.: valores médios estimados.

4. Temperabilidade

4.1. Ensaio de temperabilidade Jominy

4.2. Temperabilidade dos aços conforme SAE J1268:2010

4.3. Temperabilidade dos aços Normas DIN EN 10083 e 10084



4.1. Ensaio de temperabilidade Jominy

Temperaturas (1,2) de normalização e austenitização adotadas no ensaio conforme METALS Handbook e SAE J406 Mar/09.

1) Aços das séries 1000, 1300, 1500, 4000, 4100, 4300, 4600, 4700, 5000, 6100, 8100, 8600, 8700, 8800, 9400:

Teor máximo de carbono (%)	Temperatura de normalização (°C)	Temperatura de austenitização (°C)
Até 0,25 inclusive	925	925
0,26 a 0,36 inclusive	900	870
0,37 e acima	870	845

2) Aços das séries 4800 e 9300:

Teor máximo de carbono (%)	Temperatura de normalização (°C)	Temperatura de austenitização (°C)
Até 0,25 inclusive	925	845
Aços das séries 9200 (0,50 e acima)	900	870

Obs.:

(1) É permissível uma variação de $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

(2) Para os aços H, as temperaturas são as mesmas dos equivalentes padronizados.
Ex.: para aços 4032H (C = 0,30/0,37%) as temperaturas devem ser as mesmas do aço 4032 (C = 0,30/0,35%).

(3) As temperaturas de normalização e austenitização devem ser 30°C superiores para os aços da série 6100.

4.2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	1038H		1045H		1522H		1524H		15B21H		15B28H		15B30H	
mm	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1,5	58	51	62	55	50	41	51	42	48	41	53	47	55	48
3	56	37	59	44	48	41	49	39	48	40	53	47	53	47
5	49	25	50	30	47	32	44	26	46	36	53	46	52	46
7	33	22	35	27	46	27	38	21	43	27	52	43	51	39
9	29	20	32	26	45	22	34	–	38	–	51	35	49	25
11	27	–	31	25	42	21	30	–	30	–	50	24	44	20
13	26	–	30	24	39	20	27	–	–	–	48	21	37	–
15	25	–	29	22	37	–	25	–	–	–	45	20	31	–
20	24	–	28	20	34	–	23	–	–	–	35	–	26	–
25	22	–	28	–	32	–	–	–	–	–	29	–	22	–
30	–	–	–	–	30	–	–	–	–	–	26	–	20	–
35	–	–	–	–	28	–	–	–	–	–	25	–	–	–
40	–	–	–	–	27	–	–	–	–	–	24	–	–	–
45	–	–	–	–	25	–	–	–	–	–	23	–	–	–
50	–	–	–	–	22	–	–	–	–	–	20	–	–	–

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	1038H		1045H		1522H		1524H		15B21H		15B28H		15B30H	
pol - 1/16"	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1	58	51	62	55	50	41	51	42	48	41	53	47	55	48
1,5	56	42	61	52	48	41	49	42	48	41	53	47	53	47
2	55	34	59	42	47	32	48	37	47	40	53	47	53	47
2,5	53	29	56	34	46	27	47	34	46	39	52	46	52	46
3	49	26	52	31	45	22	45	29	46	38	52	46	52	46
3,5	43	24	46	26	41	20	43	25	45	36	51	44	51	44
4	37	23	38	28	39	20	39	22	44	30	45	51	51	44
4,5	33	22	34	27	37	20	42	23	42	35	42	50	32	–
5	30	22	33	26	35	–	40	20	51	42	50	32	–	–
5,5	29	21	32	26	32	–	38	–	50	32	48	22	–	–
6	28	21	32	25	30	–	35	–	50	32	48	22	–	–
6,5	27	20	31	25	28	–	30	–	49	25	43	20	–	–
7	27	–	31	25	27	–	29	–	49	25	43	20	–	–
7,5	26	–	30	24	–	–	28	–	–	–	–	–	–	–
8	26	–	30	24	–	–	27	–	–	–	–	–	–	–
9	25	–	29	23	–	–	26	–	46	20	33	–	–	–
10	25	–	29	22	–	–	25	–	43	–	29	–	–	–
12	24	–	28	21	–	–	23	–	37	–	26	–	–	–
14	23	–	27	20	–	–	22	–	31	–	24	–	–	–
16	21	–	26	–	–	–	20	–	29	–	22	–	–	–
18	–	–	25	–	–	–	–	–	27	–	20	–	–	–
20	–	–	23	–	–	–	–	–	25	–	–	–	–	–
22	–	–	22	–	–	–	–	–	25	–	–	–	–	–
24	–	–	21	–	–	–	–	–	24	–	–	–	–	–
26	–	–	–	–	–	–	–	–	23	–	–	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–	22	–	–	–	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–	21	–	–	–	–	–
32	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–

Temp. Austenitização	845°C	815°C	927°C	870°C	925°C	870°C	870°C
Temp. Normalização	870°C	870°C	927°C	870°C	925°C	900°C	900°C

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	15B35H		4118H		4120H		4135H		4140H		4150H		4320H	
mm	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1,5	58	51	48	41	48	41	58	51	60	53	65	59	48	41
3	56	50	46	37	47	37	58	50	60	52	65	59	47	39
5	55	49	40	27	44	31	57	49	60	52	65	58	45	35
7	54	45	34	22	40	25	56	48	59	51	65	58	42	30
9	52	32	29	–	35	22	56	46	59	50	65	57	39	27
11	47	24	27	–	33	20	55	42	58	48	65	57	36	25
13	39	21	25	–	30	–	53	39	46	65	56	34	23	–
15	32	20	24	–	29	–	52	37	57	43	64	55	32	22
20	27	–	21	–	26	–	49	32	55	38	63	51	28	–
25	25	–	–	–	24	–	45	30	53	35	62	47	26	–
30	24	–	–	–	23	–	43	28	51	33	61	44	25	–
35	23	–	–	–	23	–	41	27	49	32	60	41	25	–
40	22	–	–	–	23	–	40	27	48	32	59	39	24	–
45	20	–	–	–	22	–	39	26	46	31	58	38	24	–
50	–	–	–	–	22	–	37	25	45	30	58	38	24	–

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	15B35H		4118H		4120H		4135H		4140H		4150H		4320H	
pol - 1/16"	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1	58	51	48	41	48	41	58	51	60	53	65	59	48	41
2	56	50	46	36	47	37	58	50	60	53	65	59	47	38
3	55	49	41	27	44	32	57	49	60	52	65	59	45	35
4	54	48	35	23	41	27	56	48	59	51	65	58	43	32
5	53	39	31	20	37	23	56	47	59	51	65	58	41	29
6	51	28	28	27	34	21	55	45	58	50	65	57	38	27
7	47	24	27	32	32	–	54	42	58	48	65	57	36	25
8	41	22	26	30	29	–	53	40	57	47	64	56	34	23
9	–	24	–	29	–	38	57	44	64	56	56	33	22	–
10	30	20	23	28	–	51	36	56	42	64	55	31	21	–
11	–	22	–	27	–	50	34	56	40	64	54	30	20	–
12	27	–	21	26	–	49	33	55	39	63	53	29	20	–
13	–	–	21	25	–	48	32	55	38	63	51	28	–	–
14	26	–	20	25	–	47	31	54	37	62	50	27	–	–
15	–	–	–	24	–	46	30	54	36	62	48	27	–	–
16	25	–	–	24	–	45	30	53	35	62	47	26	–	–
18	–	–	–	23	–	44	29	52	34	61	45	25	–	–
20	24	–	–	23	–	42	28	51	33	60	43	25	–	–
22	–	–	–	23	–	41	27	49	33	59	41	24	–	–
24	22	–	–	23	–	40	27	48	32	59	40	24	–	–
26	–	–	–	23	–	39	27	47	32	58	39	24	–	–
28	20	–	–	22	–	38	26	46	31	58	38	24	–	–
30	–	–	–	22	–	38	26	45	31	58	38	24	–	–
32	–	–	–	22	–	37	26	44	30	58	38	24	–	–
Temp. Austenitização	845°C		925°C		925°C		845°C		845°C		845°C		925°C	
Temp. Normalização	870°C		925°C		925°C		870°C		870°C		870°C		925°C	

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	4340H		5150H		5160H		51B60H		6150H		8617H		8620H	
mm	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1,5	60	53	65	59	–	60	60	65	59	46	39	48	41	–
3	60	53	65	58	–	60	60	65	58	44	33	47	37	–
5	60	53	64	57	–	60	60	65	57	42	27	44	31	–
7	60	53	63	54	–	59	60	64	55	37	23	40	25	–
9	60	53	62	50	65	57	–	59	63	53	32	20	35	22
11	60	53	60	43	64	52	–	58	63	50	29	–	33	20
13	60	52	58	37	64	46	–	56	61	46	27	–	30	–
15	60	52	57	35	62	40	–	52	60	42	25	–	29	–
20	59	50	52	31	58	36	65	40	58	37	23	–	26	–
25	58	48	47	29	52	34	63	37	53	35	22	–	24	–
30	58	46	44	28	48	32	61	35	50	33	20	–	23	–
35	57	44	42	27	46	30	57	32	47	31	–	–	23	–
40	57	43	40	26	44	28	54	30	45	29	–	–	23	–
45	56	42	39	24	42	27	51	28	44	27	–	–	22	–
50	56	40	38	22	41	27	47	25	43	25	–	–	22	–

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	4340H		5150H		5160H		51B60H		6150H		8617H		8620H	
pol - 1/16"	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1	60	53	65	59	–	60	–	60	65	59	46	39	48	41
2	60	53	65	58	–	60	–	60	65	58	44	33	47	37
3	60	53	64	57	–	60	–	60	64	57	41	27	44	32
4	60	53	63	56	65	59	–	60	64	56	38	24	41	27
5	60	53	62	53	65	58	–	60	63	55	34	20	37	23
6	60	53	61	49	64	56	–	59	63	53	31	–	34	21
7	60	53	60	42	64	52	–	58	62	50	28	32	–	–
8	60	52	59	38	63	47	–	57	61	47	27	30	–	–
9	60	52	58	36	62	42	–	54	61	43	26	29	–	–
10	60	52	56	34	61	39	–	50	60	41	25	28	–	–
11	59	51	55	33	60	37	–	44	59	39	24	–	27	–
12	59	51	53	32	59	36	–	41	58	38	23	–	26	–
13	59	50	51	31	58	35	–	40	57	37	23	–	25	–
14	58	49	50	31	56	35	–	39	55	36	22	–	25	–
15	58	49	48	30	54	34	–	38	54	35	22	–	24	–
16	58	48	47	30	52	34	–	37	52	35	21	–	24	–
18	58	47	45	29	48	33	–	36	50	34	21	–	23	–
20	57	46	43	28	47	32	–	34	48	32	20	–	23	–
22	57	45	42	27	46	31	–	33	47	31	–	–	23	–
24	57	44	41	26	45	30	–	31	46	30	–	–	23	–
26	57	43	40	25	44	29	–	30	45	29	–	–	23	–
28	56	42	39	24	43	28	–	28	44	27	–	–	22	–
30	56	41	39	23	43	28	–	27	43	26	–	–	22	–
32	56	40	38	22	42	27	–	25	42	25	–	–	22	–

Temp. Austenitização	845°C	845°C	845°C	845°C	870°C	925°C	925°C
Temp. Normalização	870°C	870°C	870°C	870°C	900°C	925°C	925°C

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	8622H		8630H		86B30H		8640H		8642H		8645H		86B45H	
mm	Máx.	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min
1,5	50	43	56	49	56	49	60	53	62	55	63	56	63	56
3	50	39	55	46	56	49	60	53	62	54	63	56	63	56
5	47	34	54	42	55	48	60	52	62	53	63	55	63	55
7	43	28	51	37	55	48	60	50	61	51	63	53	62	54
9	39	25	48	33	54	48	58	47	60	49	62	51	62	53
11	35	22	44	29	54	47	57	42	59	46	61	48	61	52
13	32	20	41	27	53	46	55	38	58	42	59	45	61	51
15	31	–	38	26	53	44	53	35	56	38	58	41	60	51
20	28	–	34	23	52	39	48	30	52	32	54	39	59	49
25	26	–	31	21	50	35	43	28	47	29	51	31	58	45
30	25	–	30	20	48	33	40	26	44	28	46	29	58	40
35	24	–	29	–	46	30	39	25	41	27	43	28	57	36
40	24	–	29	–	43	28	38	24	40	27	42	27	57	33
45	24	–	29	–	41	27	37	24	39	26	42	27	56	32
50	24	–	29	–	40	25	37	24	39	26	41	27	56	31

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	8622H		8630H		86B30H		8640H		8642H		8645H		86B45H	
pol - 1/16"	Máx.	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min
1	50	43	56	49	56	49	60	53	62	55	63	56	63	56
2	49	39	55	46	55	49	60	53	62	54	63	56	63	56
3	47	34	54	43	55	48	60	52	62	53	63	55	62	55
4	44	30	52	39	55	48	59	51	61	52	63	54	62	54
5	40	26	50	35	54	48	59	49	61	50	62	52	62	54
6	37	24	47	32	54	48	58	46	60	48	61	50	61	53
7	34	22	44	29	53	48	57	42	59	45	61	48	61	52
8	32	20	41	28	53	47	55	39	58	42	60	45	60	52
9	31	–	39	27	52	46	54	36	57	39	60	41	60	51
10	30	–	37	26	52	44	52	34	55	37	58	39	60	51
11	29	–	35	25	52	42	50	32	54	36	57	37	59	50
12	28	–	34	24	51	40	49	31	52	33	55	35	59	50
13	27	–	33	23	51	39	50	30	54	32	54	34	59	49
14	26	–	33	22	50	38	45	29	49	31	52	33	59	48
15	26	–	32	22	50	36	44	28	48	30	51	32	58	46
16	25	–	31	21	49	35	42	28	49	31	53	31	58	45
18	25	–	30	21	48	34	41	26	44	28	47	30	58	42
20	24	–	30	20	47	33	39	26	45	28	49	29	58	39
22	24	–	29	20	45	31	38	25	43	27	48	28	57	37
24	24	–	29	–	44	29	38	25	42	27	48	28	57	35
26	24	–	29	–	43	28	37	24	40	26	42	27	57	34
28	24	–	29	–	41	27	37	24	39	26	41	27	57	32
30	24	–	29	–	40	27	36	24	39	26	41	27	56	32
32	24	–	29	–	39	25	37	24	39	26	41	27	56	31

Temp. Austenitização	925°C	870°C	870°C	845°C	845°C	845°C	845°C
Temp. Normalização	925°C	900°C	900°C	870°C	870°C	870°C	870°C

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	9259H		9260H		9310H		94B15H		94B17H		94B30H	
mm	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1,5	–	60	–	60	43	36	45	38	46	39	56	49
3	–	60	–	60	43	35	45	38	46	39	56	49
5	–	60	65	58	43	34	45	37	46	38	55	48
7	65	59	63	50	42	33	44	34	45	36	55	47
9	64	57	62	42	42	31	42	29	44	31	54	46
11	64	52	60	38	42	30	40	25	43	26	53	44
13	63	46	58	36	41	28	38	23	41	24	53	41
15	62	42	54	35	40	27	36	20	39	22	52	38
20	59	37	47	33	38	26	31	–	34	–	50	31
25	52	33	40	32	36	25	28	28	30	29	46	26
30	48	32	38	31	35	25	26	26	28	28	43	24
35	45	33	37	30	35	25	24	25	26	27	40	23
40	42	29	36	29	34	25	23	24	25	27	37	22
45	39	28	35	28	34	24	22	24	24	26	36	21
50	37	27	35	28	33	24	22	24	23	26	34	20

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J	9259H		9260H		9310H		94B15H		94B17H		94B30H	
pol - 1/16"	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1	–	60	–	60	43	36	45	38	46	39	56	49
2	–	60	–	60	43	35	45	38	46	39	56	49
3	–	60	65	57	43	35	44	37	45	38	55	48
4	65	59	64	53	42	34	46	36	45	37	55	48
5	65	58	63	46	42	32	43	32	44	34	54	47
6	64	56	62	41	42	31	42	28	43	29	54	46
7	64	52	60	38	42	30	40	25	42	26	53	44
8	63	47	58	36	41	29	38	23	41	24	53	42
9	62	43	55	36	40	28	36	21	40	23	52	39
10	62	40	52	35	40	27	34	20	38	21	52	37
11	61	39	49	34	39	27	33	–	36	20	51	34
12	60	38	47	34	38	26	31	31	34	–	51	32
13	58	37	45	33	37	26	30	30	33	32	50	30
14	56	35	43	33	36	26	29	29	32	31	49	29
15	54	34	42	32	36	26	28	28	31	30	48	28
16	52	33	40	32	35	26	27	28	30	29	46	27
18	49	32	38	31	35	26	26	26	28	28	44	25
20	46	31	37	31	35	25	26	27	28	28	42	24
22	45	31	36	30	34	25	25	26	27	27	40	23
24	43	30	36	30	34	25	23	25	27	27	38	23
26	41	29	35	29	34	25	23	24	26	26	37	22
28	39	28	35	29	34	25	22	24	26	26	35	21
30	38	28	35	28	33	24	22	24	23	26	34	21
32	36	27	34	28	33	24	22	24	23	26	34	20

Temp. Austenitização	870°C	870°C	845°C	925°C	925°C	870°C
Temp. Normalização	900°C	900°C	925°C	925°C	925°C	900°C

4.3. Temperabilidade dos aços Norma DIN EN 10083 e 10084

Obs.: valores de dureza em HRC.

[illegible]

Obs.: valores de dureza em HRC.

DIN	Ck35 38Cr4		41Cr4 41CrS4		42Cr2		45Cr2	
"J" (mm)	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	58	51	61	53	60	53	62	54
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	58	50	61	52	60	52	60	49
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	58	48	60	50	60	50	57	40
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	57	44	59	47	59	47	52	32
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	55	39	58	41	58	44	46	28
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	52	36	56	37	56	40	42	25
13	50	33	54	34	54	37	40	23
15	48	31	52	33	52	35	38	22
20	42	26	46	29	46	30	35	20
25	39	24	42	26	42	27	33	-
30	37	22	40	23	40	25	31	-
35	36	20	38	21	38	23	29	-
40	35	-	37	-	37	22	28	-
45	34	-	36	-	36	21	27	-
50	33	-	35	-	35	20	26	-

Obs.: valores de dureza em HRC.

DIN	46Cr2 46CrS2		25CrMoS4		32CrMo12		34CrMo4 34CrMoS4		41CrMo4	
"J" (mm)	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	63	54	52	44	57	49	57	49	60	53
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	61	49	52	43	57	48	57	49	60	53
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	59	40	51	40	57	48	57	48	60	52
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	57	32	50	37	57	48	56	45	60	51
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	53	28	48	34	57	47	55	42	60	50
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	47	25	46	32	57	47	54	39	59	48
13	42	23	43	29	57	47	53	36	59	45
15	39	22	41	27	56	46	52	34	58	43
20	36	20	37	23	56	46	48	30	56	38
25	33	-	35	21	55	46	45	28	53	35
30	32	-	33	20	55	45	43	27	51	34
35	31	-	32	-	55	45	41	26	48	33
40	30	-	31	-	54	44	40	25	47	32
45	29	-	31	-	54	44	40	24	46	32
50	29	-	31	-	53	44	39	24	45	32

Obs.: valores de dureza em HRC.

DIN	42CrMo4 42CrMoS4		49CrMo4		50CrMo4		30CrMoV9	
"J" (mm)	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	61	53	63	56	65	58	56	48
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	61	53	63	55	65	58	56	48
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	61	52	63	54	64	57	56	47
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	60	51	63	53	64	55	56	47
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	60	49	63	51	63	54	56	46
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	59	43	62	50	63	53	56	46
13	59	40	61	48	63	51	55	45
15	58	37	60	46	62	48	55	44
20	56	34	59	42	61	45	54	41
25	53	32	57	40	60	41	53	39
30	51	31	55	39	58	39	52	38
35	48	30	54	38	57	38	51	37
40	47	30	53	37	55	37	50	36
45	46	29	52	36	54	36	49	35
50	45	29	52	36	54	36	48	34

Obs.: valores de dureza em HRC.

DIN	15CrNi6		18CrNi8		17CrNiMo6		30CrNiMo8		34CrNiMo6	
"J" (mm)	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	47	39	49	41	48	40	56	48	58	50
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	47	38	49	41	48	40	56	48	58	50
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	46	36	49	40	48	39	56	48	58	50
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	45	35	49	40	48	39	56	48	58	50
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	43	32	49	39	47	37	55	47	57	49
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	42	30	49	38	47	36	55	47	57	48
13	41	28	-	37	46	35	55	47	57	48
15	39	26	49	36	46	34	55	46	57	48
20	37	24	48	35	44	32	55	46	57	48
25	35	22	47	35	43	31	54	45	57	47
30	34	21	47	34	42	30	54	45	57	47
35	34	20	46	24	41	29	54	44	57	47
40	33	20	46	33	41	29	54	44	57	46
45	-	-	-	-	-	-	54	43	57	45
50	-	-	-	-	-	-	54	43	57	44

5. Definições e tabelas

- 5.1. Aços construção mecânica
- 5.2. Conformação mecânica
 - 5.2.1. Laminação
- 5.3. Acabados a frio
 - 5.3.1. Trefilação
 - 5.3.2. Descascamento
 - 5.3.3. Retífica
- 5.4. Diagramas
 - 5.4.1. Diagrama ferro - carbono
 - 5.4.2. Teor de carbono x propriedades mecânicas
 - 5.4.3. Diagrama tensão x deformação de engenharia
- 5.5. Tratamentos térmicos
 - 5.5.1. Temperaturas de recozimento e têmpera, normalização dos aços-carbono
 - 5.5.2. Resfriamento na têmpera convencional
 - 5.5.3. Representação esquemática: recozimento - têmpera - revenido
- 5.6. Sistema de codificação SAE/AISI
- 5.7. Tabelas de equivalência
- 5.8. Tabelas de conversões, durezas e resistências



5.1. Aços construção mecânica

Quanto ao tipo de aço:

- Aços-carbono: são aços com baixo, médio e alto teor de carbono, de composição química definida em faixas amplas. Os aços baixo carbono possuem no máximo 0,30% de carbono e os médio carbono possuem de 0,30% a 0,60%. Os aços alto carbono possuem de 0,60% a 1,00% de carbono.
- Aços com elementos de liga: são aços ao carbono que contêm outros elementos em teores não residuais que conferem características mecânicas e físicas especialmente melhoradas, como propriedades mecânicas, tenacidade, temperabilidade, etc.
- São classificados como aços de baixa liga quando a adição desses elementos não ultrapassa 8% e de alta liga no caso de teores superiores a 8%.
- Os aços microligados são utilizados em aços de baixo carbono, nos quais promovem um conjunto de mecanismos de endurecimento, como refino de grão, precipitação de segunda fase, aptidão ao encruamento, etc.

5.2. Conformação mecânica

Os processos de conformação mecânica alteram a geometria do material por meio de forças aplicadas por ferramentas adequadas que podem variar de pequenas matrizes até grandes cilindros, como os empregados na laminação.

Em função da temperatura e do material utilizado, a conformação mecânica pode ser classificada como trabalho a frio, a morno e a quente.

Cada um desses trabalhos fornecerá características especiais ao material e à peça obtida. Essas características serão função da matéria-prima utilizada, como composição química e estrutura metalúrgica (natureza, tamanho, forma e distribuição das fases presentes), e das condições impostas pelo processo, tais como o tipo e o grau de deformação, a velocidade de deformação e a temperatura na qual o material é deformado.

5.2.1. Laminação

Processo no qual o material passa por uma abertura entre cilindros que giram, modificando (em geral reduzindo) a seção transversal. Os produtos podem ser placas, chapas, barras de diferentes seções, trilhos, perfis diversos, anéis e tubos.

- Fio-máquina: laminado a quente fornecido em rolo, não possuindo acabamento por usinagem ou deformação a frio.
- Barra: laminada a quente fornecida em feixe de peças retilíneas, sem acabamento por usinagem ou deformação a frio.

5.3. Acabados a frio

5.3.1. Trefilação

Consiste no tracionamento da barra em uma matriz (fieira) com redução da seção, colocando-a na bitola e no acabamento desejados. O processo é realizado a frio. Além da vantagem de colocar as barras dentro de bitolas e tolerâncias determinadas pelo fenômeno de encruamento dos grãos, confere aos materiais uma alteração das características mecânicas, que poderão ser aproveitadas para facilitar as operações fabris subsequentes e melhorar a performance da peça final.

5.3.2. Descascamento

Processo de usinagem não convencional, similar ao processo de torneamento em torno multifuso, no qual o que gira é o conjunto de ferramentas presas à placa, diferentemente do processo de torneamento, no qual é a barra que gira.

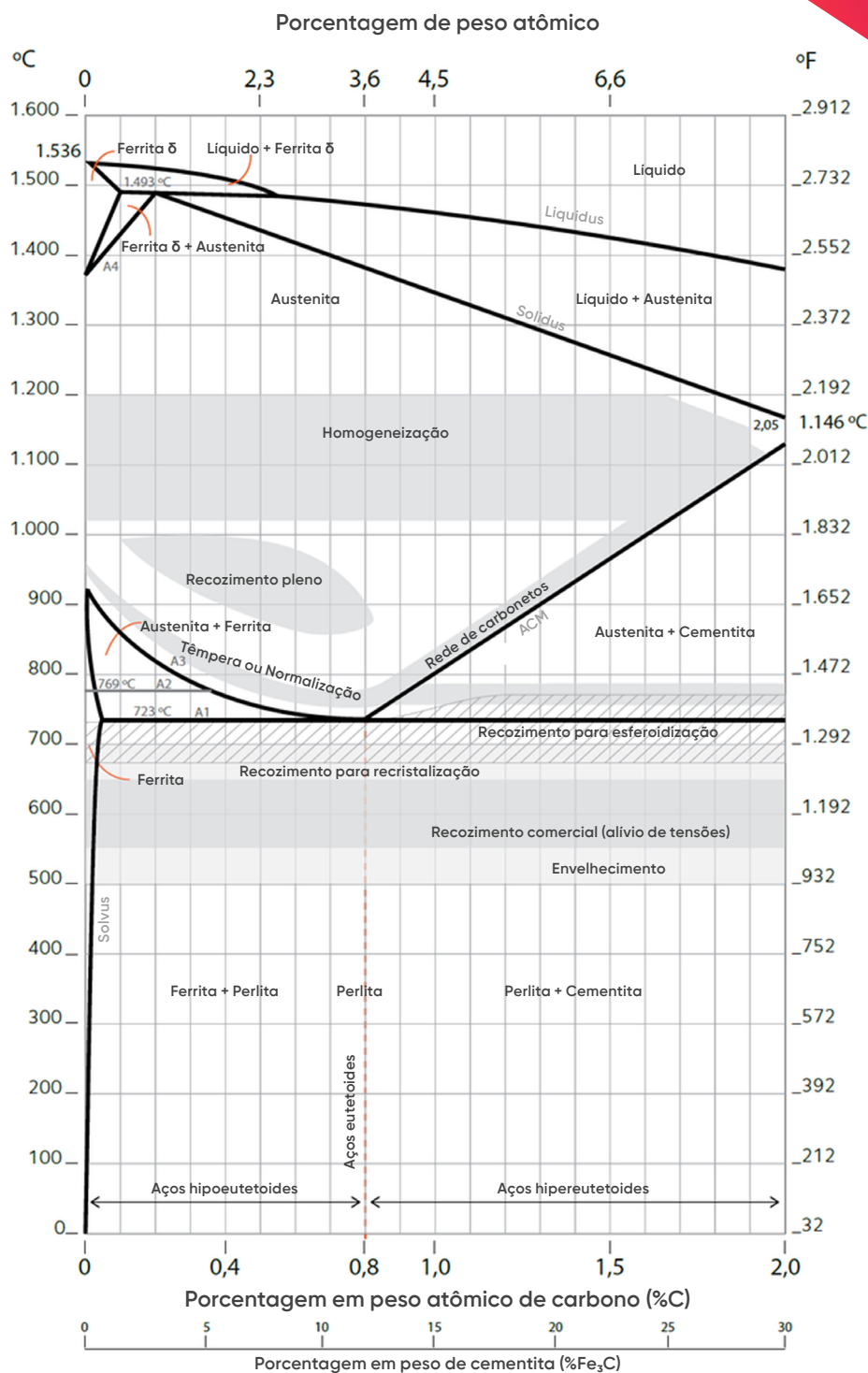
5.3.3. Retífica

Consiste em obter a bitola final retificando-se as barras por meio de rebolos. Antes de retificar, aconselha-se a calibragem da bitola da barra laminada por trefilação ou descascamento a uma bitola final, para evitar a ovalização (diferença entre o maior e o menor diâmetro verificado numa seção da barra) das barras laminadas. A trepidação motivada por essa ovalização pode acarretar danos ao material processado e ao equipamento.

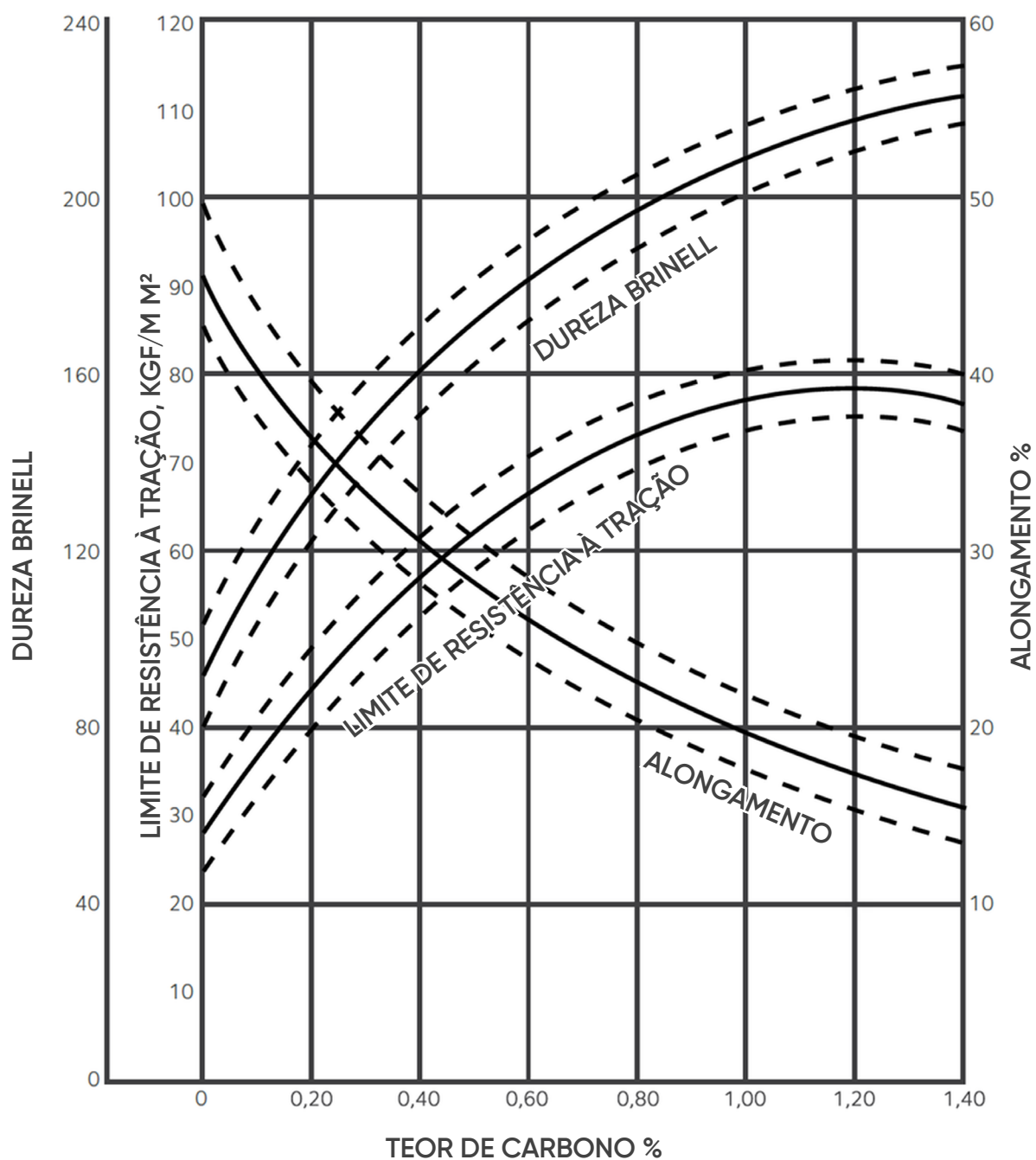
Os benefícios da retificação consistem na melhor qualidade do acabamento superficial e na precisão dimensional com tolerâncias mais estreitas.

5.4. Diagramas

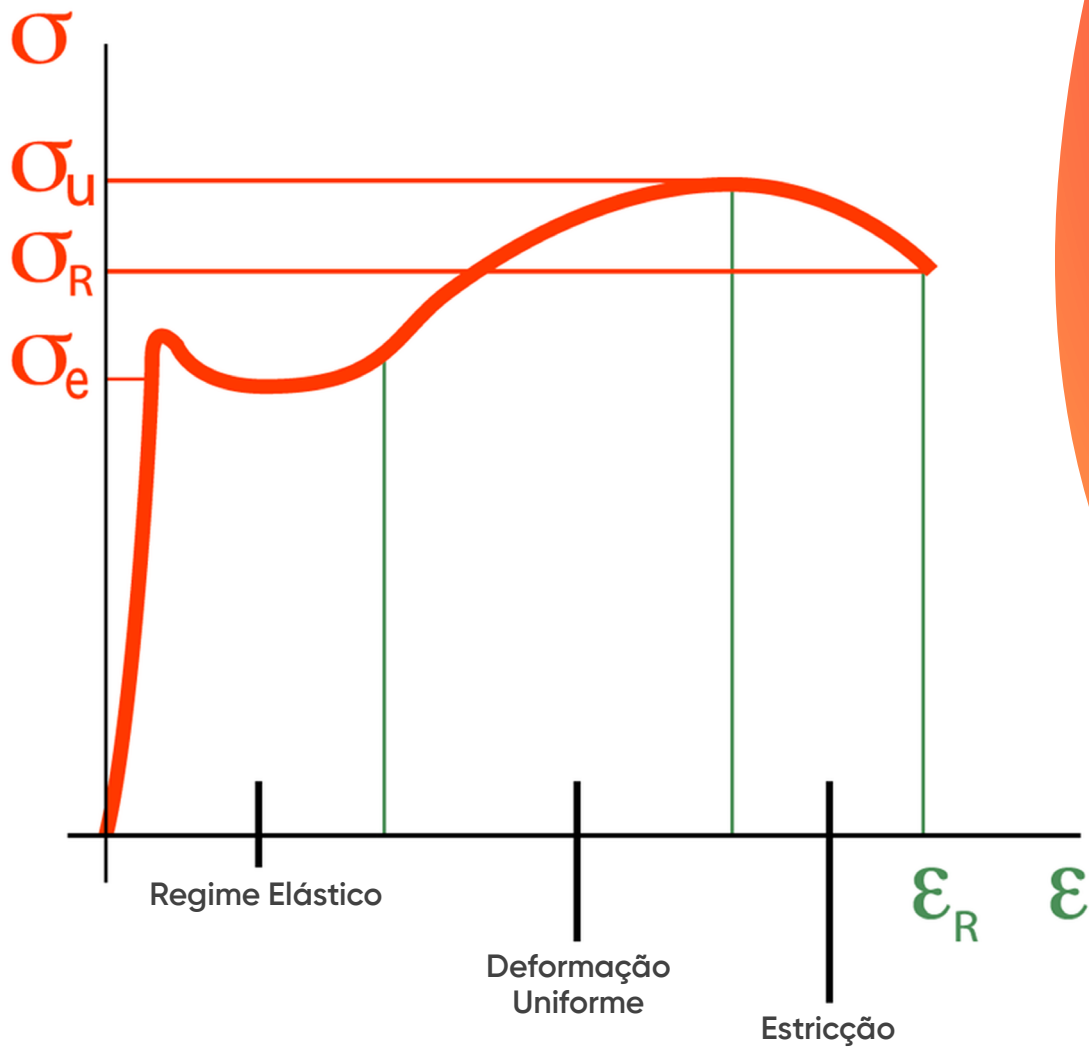
5.4.1. Diagrama ferro – carbono



5.4.2. Teor de carbono x propriedades mecânicas



5.4.3. Diagrama tensão x deformação de engenharia



σ_u : tensão última (máxima tensão que se atinge)

σ_R : tensão de ruptura

σ_e : tensão de escoamento

ϵ_R : deformação de ruptura

5.5. Tratamentos térmicos

Introdução

A construção mecânica exige peças metálicas de acordo com determinados requisitos, de modo que estejam aptas a suportar satisfatoriamente as condições de serviço a que estarão sujeitas. Esses requisitos relacionam-se principalmente à completa isenção de tensões internas e propriedades mecânicas compatíveis com as cargas previstas.

Os processos de produção nem sempre fornecem materiais de construção nas condições desejadas: as tensões que se originam nos processos de fundição, conformação mecânica e mesmo na usinagem criam sérios problemas de distorções e empenamentos, e as estruturas resultantes frequentemente não são as mais adequadas, afetando, em consequência, as propriedades mecânicas dos materiais. Por esses motivos, há necessidade de submeter as peças metálicas, antes de ser definitivamente colocadas em serviço, a determinados tratamentos que objetivem eliminar ou minimizar aqueles inconvenientes.

Os tratamentos mencionados são os chamados tratamentos térmicos, que envolvem operações de aquecimento e resfriamento subsequente, dentro de condições controladas de temperatura, tempo à temperatura, velocidade de resfriamento e ambiente.

Recozimento

Seus objetivos principais são: remover tensões provenientes dos processos de fundição e conformação mecânica a quente ou a frio, diminuir a dureza, melhorar a ductilidade, ajustar o tamanho de grão, regularizar a textura bruta de fusão, produzir uma estrutura definida, eliminar, enfim, os defeitos de quaisquer tratamentos mecânicos e térmicos a que o material tenha sido anteriormente submetido. O tratamento genérico de recozimento compreende os tratamentos específicos a seguir.

Recozimento total ou pleno

O material é geralmente aquecido a uma temperatura acima da recristalização (zona crítica de aços), seguido de um resfriamento lento (dentro do forno). O tratamento aplica-se a todas as ligas Fe-C e a um grande número de ligas não ferrosas, tais como cobre e suas ligas, ligas de alumínio, ligas de magnésio, de níquel, titânio e outras ligas. Recozimento em caixa, aplicado principalmente em aços, sob uma atmosfera protetora, para eliminar o efeito do encruamento e proteger a superfície da oxidação. As peças de aço são geralmente na forma de bobinas, tiras ou chapas.

Recozimento para alívio de tensões

Não é necessário atingir a faixa de temperatura correspondente à recristalização. O objetivo é aliviar as tensões originadas durante a solidificação de peças fundidas ou produzidas em operações de conformação mecânica, corte, soldagem ou usinagem. O tratamento aplica-se a todas as ligas Fe-C, ligas de alumínio, cobre e suas ligas, titânio e algumas de suas ligas, ligas de magnésio, de níquel, etc.

Coalescimento (Esferoidização)

Aplicável em aços de médio a alto teor de carbono, com o objetivo de promover o máximo amolecimento do material. Consiste no aquecimento prolongado do aço a uma temperatura na vizinhança da zona de temperaturas críticas – mas, em geral, ligeiramente abaixo dela – seguido de resfriamento lento.

Normalização

É um tratamento muito semelhante ao recozimento, pelo menos quanto aos seus objetivos. A diferença consiste no fato de que o resfriamento posterior é menos lento – ao ar, por exemplo –, o que resulta uma estrutura mais fina que a produzida no recozimento e, conseqüentemente, de propriedades mecânicas ligeiramente superiores.

Têmpera

Esse é o tratamento térmico mais importante dos aços, principalmente daqueles empregados em construção mecânica. As condições de aquecimento são muito parecidas com as que ocorrem no recozimento ou na normalização. O resfriamento, entretanto, é muito rápido, no qual se emprega geralmente meios líquidos, em que as peças são mergulhadas depois de aquecidas convenientemente.

Nos aços temperados ocorrem modificações estruturais muito intensas, que resultam em um significativo aumento da dureza, da resistência ao desgaste e da resistência à tração. Ao mesmo tempo, as propriedades relacionadas à ductilidade sofrem sensível redução. Durante esse processo, formam-se tensões internas de elevada magnitude, decorrentes das transformações de fase e das diferenças de velocidade de resfriamento entre as diversas regiões da peça. Essas tensões internas podem ser de origem estrutural ou térmica, sendo estas últimas associadas ao resfriamento desigual das seções do material.

Os inconvenientes causados por essas tensões internas, associados à excessiva dureza e à quase total ausência de ductilidade do aço temperado, exigem tratamento térmico corretivo posterior, chamado revenimento.

Revenimento

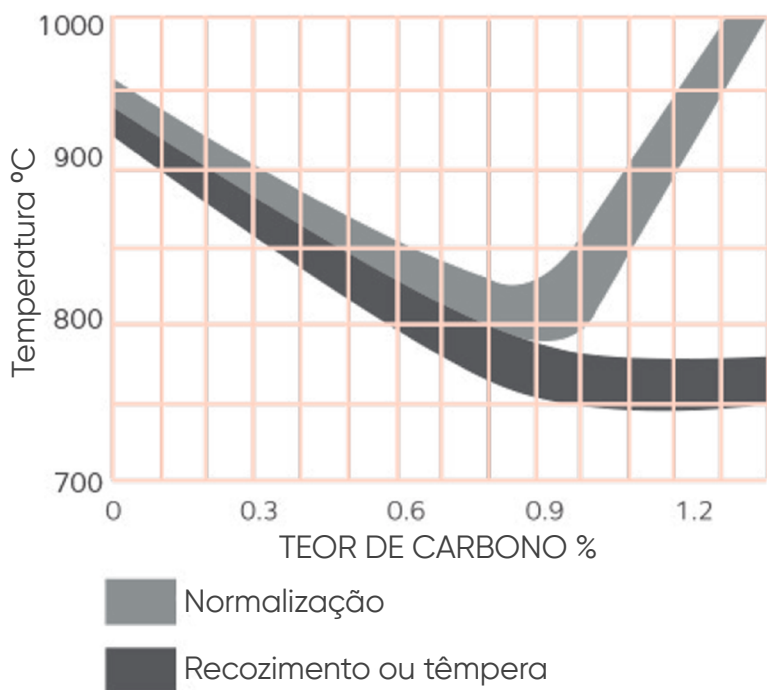
Aplicado nos aços temperados imediatamente após a têmpera, em temperaturas inferiores à da zona crítica, resultando em modificação da estrutura obtida na têmpera. A alteração estrutural que se verifica no aço temperado em consequência do revenido melhora a ductilidade, reduzindo os valores de dureza e resistência à tração, ao mesmo tempo em que tensões internas são aliviadas ou eliminadas. Dependendo da temperatura em que se processa o revenido, a modificação estrutural é tão intensa que determinados aços adquirem melhores condições de usinabilidade. O tratamento que produz esse efeito é chamado coalescimento. Os tratamentos de têmpera e revenimento estão sempre associados.

Tratamentos termoquímicos

Tratamentos térmicos realizados em condições de ambiente que promovam uma modificação superficial da composição química do material. Aplicam-se aos aços e têm como objetivo fundamental aumentar a dureza e a resistência ao desgaste da superfície de peças de aço até uma certa profundidade, ao mesmo tempo em que o núcleo, cuja composição química não foi afetada, mantém-se tenaz. Os tratamentos termoquímicos mais importantes são:

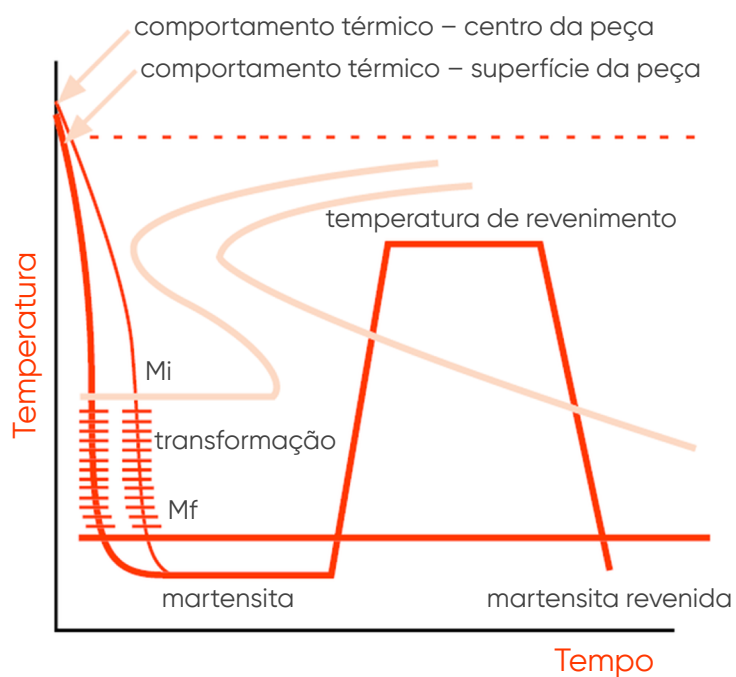
- **Cementação**, que consiste no enriquecimento superficial do carbono de peças de aço de baixo carbono. A temperatura de aquecimento é superior à temperatura crítica, e as peças devem ser envolvidas por um meio carbonetante, que pode ser sólido (carvão), gasoso (atmosferas ricas em CO_2) ou líquido (banhos de sal à base de cianetos). O meio de resfriamento – água, óleo ou polímeros – promove a têmpera da peça cementada.
- **Nitretação**, que consiste no enriquecimento superficial de nitrogênio, que se combina com certos elementos dos aços formando nitretos de alta dureza e resistência ao desgaste. As temperaturas de nitretação são inferiores às da zona crítica, e os aços nitrados não exigem têmpera posterior. O tratamento é feito em atmosfera gasosa, rica em nitrogênio, ou em banho de sal.
- **Carbonitretação ou cianetação**, endurecimento superficial que consiste na introdução simultânea de carbono e nitrogênio na superfície do aço. Esse tratamento é realizado em banhos de sal, em temperaturas acima da zona crítica, seguido de têmpera. A carbonitretação ou cianetação a gás tem o mesmo objetivo que a cianetação, ou seja, a introdução superficial simultânea de carbono e nitrogênio, porém em atmosfera gasosa.
- Existem outros tratamentos térmicos ou termoquímicos mais particulares, entre os quais têmpera superficial, patenteamento, maleabilização, etc.

5.5.1. Temperaturas de recozimento e têmpera, normalização dos aços-carbono

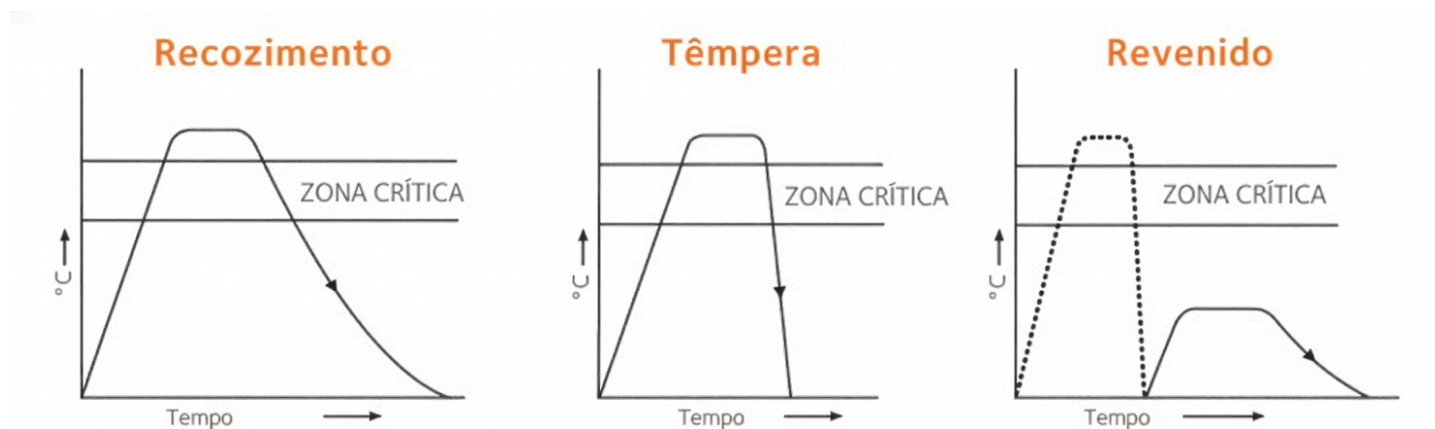


Temperaturas adequadas à normalização, recozimento e têmpera em função do teor de carbono no aço.

5.5.2. Resfriamento na têmpera convencional



5.5.3. Representação esquemática: Recozimento – Têmpera – Revenido



5.6. Sistema de codificação SAE/AISI

Designação		Tipo de aço
SAE	AISI	
10XX	C10XX	Aços-carbono comuns
11XX	C11XX	Aços de usinagem (ou corte) fácil, com alto S
13XX	13XX	Aços-manganês com 1,75% de Mn
23XX	23XX	Aços-níquel com 3,5% de Ni
25XX	25XX	Aços-níquel com 5,0% de Ni
31XX	31XX	Aços-níquel-cromo com 1,25% de Ni e 0,65% de Cr
33XX	E33XX	Aços-níquel-cromo com 3,5% de Ni e 1,55% de Cr
40XX	40XX	Aços-molibdênio com 0,25% de Mo
41XX	41XX	Aços-cromo-molibdênio com 0,50% ou 0,90% de Cr e 0,12% ou 0,20% de Mo
43XX	43XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,80% de Ni, 0,50% ou 0,80% de Cr e 0,25% de Mo
46XX	46XX	Aços-níquel-molibdênio com 1,55% ou 1,80% de Ni, 0,20% ou 0,25% de Mo
47XX	47XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,05% de Ni, 0,45% de Cr e 0,20% de Mo
48XX	48XX	Aços-níquel-molibdênio com 3,50% de Ni e 0,25% de Mo
50XX	50XX	Aços-cromo com 0,28% ou 0,65% de Cr
50BXX	50BXX	Aços-cromo-boro com baixo teor de Cr e no mínimo 0,0005% de B
51XX	51XX	Aços-cromo com 0,80% a 1,05% de Cr
61XX	61XX	Aços-cromo-vanádio com 0,80% ou 0,95% de Cr e 0,10% ou 0,15% de V
86XX	86XX	Aços-níquel-molibdênio com baixos teores de Ni, Cr e Mo
87XX	87XX	Idem
92XX	92XX	Aços-silício-manganês com 0,85% de Mn e 2,0% de Si
93XX	93XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 3,25% de Ni, 1,20% de Cr e 0,12% de Mo
94BXX	94BXX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com baixos teores de Ni, Mo e no mínimo 0,0005% de B
98XX	98XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,0% de Ni, 0,80% de Cr e 0,25% de Mo

Sistema de codificação (DIN EN 10027-1)

- Um número que é 100 vezes o teor especificado de carbono.
- Uso dos símbolos dos elementos químicos que indiquem os elementos de liga que caracterizam o aço em questão.
- A sequência dos símbolos deve estar em ordem decrescente de seu teor. Quando o valor dos teores for o mesmo para dois ou mais elementos, os símbolos correspondentes devem ser indicados em ordem alfabética.
- Números indicando os teores dos elementos de liga. Cada número representa, respectivamente, a percentagem média do elemento indicado multiplicada pelos fatores dados pela tabela abaixo e arredondada para o mais próximo inteiro. Números que se referem a diferentes elementos devem ser separados por hífen.
- Exemplo: aço 37CrS4. Esse aço possui 0,37% de carbono, 0,90% de cromo ($4 \times 0,90\% = 3,60\%$, arredondando = 4), além de enxofre.

Elemento	Fator
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

5.7. Tabelas de equivalência

AÇOS LIGADOS PARA BENEFICIAMENTO					
ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
1330	30Mn5	–	SCMn2	120M36	–
4037	–	–	–	605A37	–
5140	41Cr	41Cr4	SCr4	530A40	42C4
4130	30CrMo4	30CrMo4	SCM2	708A30	30CD4
4140	42CrMo4	42CrMo4	SCM4	708M40	42CD4
4142	41CrMo4	41CrMo4	SCM440	708A42	42CD4
4150	50CrMo4	–	SCM445	708A47	–
4140	42CrMo4	42CrMo4	SCM44	708M40	42CD4
4340	40CrNiMo6	–	SNCM8	817M40	35NCD6
5135	34Cr4	38Cr4	SCr3	530A36	38C4
5140	41Cr4	41Cr4	SCr4	530A40	42C4
5160	–	–	–	527A60	–
6150	50CrV4	50CrV4	SUP10	735A50	50CV4
8630	30NiCrMo22	–	–	–	30NCD2
8640	40NiCrMo22	40NiCrMo22	SNCN6	–	40NCD2TS
8645	–	–	SNCN7	–	–
8650	–	–	–	–	–
–	17200	7845	33.05	970 part 1	A35-552

AÇOS LIGADOS PARA CEMENTAÇÃO

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
4118	–	–	SCM415	–	–
4320	–	–	SNM23	820M17	20NCD7
4817	–	–	–	–	–
4820	–	–	–	–	–
5115	16MnCr5	16MnCr5	–	527M17	16MC5
ABNT 5116	16MnCr5	16MnCr5	–	590M17	16MC5
ABNT 5119	20MnCr5	20MnCr5	–	–	20MC5
5120	20MnCr5	20MnCr5	SMnC420	–	20MC5
8115	–	–	–	–	–
8615	–	–	–	–	–
8620	21NiCrMo2	–	SNM21	805M20	20NCD2
8822	–	–	–	–	–
–	17210	7846	–	970 part 1	A35-551

AÇOS PARA MOLAS

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
–	55Si7	55Si7	SUP6	250 A 58	RH388
5160	–	55Cr3	SUP9A	527 A 60	55C3
51B60	–	–	SUP11	–	–
6150	50CrV4	50CrV4	SUP10	735 A 50	50CV4
61B50	–	–	–	–	–
ABNT 6158	58CrV4	–	–	–	–
9260	60Si7	60Si7	SUP7	250 A 61	60S7
NBR 9162	17221/22	3545	64801	970 part 5	A35-571

AÇOS PARA ROLAMENTOS

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
52100	100Cr6	100Cr6	SUJ2	–	100C6
–	–	3097	G4805	–	A35-565

AÇOS DE USINAGEM FÁCIL

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
1213	11SMn30	CF95Mn28	SUM22	230M07	S250
1215	11SMn37	CF95Mn36	SUM23	240M07	S300
1117	–	–	SUM31	–	–
1137	–	CF35SMn10	SUM41	–	35MF6
1140	35S20	–	–	212M36	35MF6
1141	–	–	SUM42	–	–
1151	–	–	–	–	–
–	1651	4838	G4804	970 part 1	A35-562

AÇOS LIGADOS PARA DEFORMAÇÃO A FRIO

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
1010	Cq10	CB10FF	SWRCH10A	045A10	CC10
1015	Cq15	–	SWRCH15A	050A15	–
ABNT 1035	Cq35	–	–	–	–
ABNT 1038	38Cr1KB	–	–	–	–
4140	42CrMo4	–	SCM4	708M40	42CD4
5016	–	–	–	–	–
5135	34Cr4	34Cr4KB	SCr3	530A36	–
ABNT 5141	41Cr4	41Cr4KB	SCr4	530M40	42C4
NBR 6325 / 7003	1654	7536	–	–	–

5.8. Tabelas de conversões, durezas e resistências

Impr. mm carga 3000 kgf esfera 10 mm	Dureza Brinell(*) HB	Resistência à tração (kgf/mm ²)			HRC	HRB	Dureza Vickers (**) HV	Dureza Shore
		Aço- Carbono HBx 0,36	Aço Cr Aço Mn Aço Cr Mn HBx 0,35	Aço Ni Aço Cr Ni Aço Cr Mo HBx 0,34				
–	–	–	–	–	68,0	–	940	97
–	–	–	–	–	67,5	–	920	96
–	–	–	–	–	67,0	–	900	95
–	(767)	276,1	268,4	260,7	66,4	–	880	93
–	(757)	272,4	264,9	257,3	65,9	–	860	92
2,25	(745)	268,2	260,8	253,3	65,3	–	840	91
2,30	(710)	255,6	248,5	241,4	63,3	–	780	87
2,35	(682)	245,5	238,7	231,9	61,7	–	737	84
2,40	(653)	235,1	228,6	222,0	60,0	–	697	81
2,45	627	225,7	219,5	213,2	58,7	–	667	79
2,50	601	216,4	210,4	204,3	57,3	–	640	77
2,55	578	208,1	202,3	196,5	56,0	–	615	75
2,60	555	199,8	194,3	188,7	54,7	–	591	73
2,65	534	192,2	186,9	181,6	53,5	–	569	71
2,70	514	185,0	179,9	174,8	52,1	–	547	70
2,75	495	178,2	173,3	168,3	51,0	–	528	68
2,80	477	171,7	167,0	162,2	49,6	–	508	66
2,85	461	166,0	161,4	156,7	48,5	–	491	65
2,90	444	159,8	155,4	151,0	47,1	–	472	63
2,95	429	154,4	150,2	145,9	45,7	–	455	61
30	415	149,4	145,3	141,1	44,5	–	440	59
3,05	401	144,4	140,4	136,3	43,1	–	425	58
3,10	388	139,7	135,8	131,9	41,8	–	410	56
3,15	375	135,0	131,3	127,5	40,4	–	396	54

Impr. mm carga 3000 kgf esfera 10 mm	Dureza Brinell(*) HB	Resistência à tração (kgf/mm ²)			HRC	HRB	Dureza Vickers (**) HV	Dureza Shore
		Aço- Carbono HBx 0,36	Aço Cr Aço Mn Aço Cr Mn HBx 0,35	Aço Ni Aço Cr Ni Aço Cr Mo HBx 0,34				
3,20	363	130,7	127,2	123,4	39,1	–	383	52
3,25	352	126,7	123,2	119,7	37,9	(110,0)	372	51
3,30	341	122,8	119,4	115,9	36,6	(109,0)	360	50
3,35	331	119,2	115,9	112,5	35,5	(108,5)	350	48
3,40	321	115,6	112,4	109,1	34,3	(108,0)	339	47
3,45	311	112,0	108,9	105,7	33,1	(107,5)	328	46
3,50	302	108,7	105,7	102,7	32,1	(107,0)	319	45
3,55	293	105,5	102,6	99,6	30,9	(106,0)	309	43
3,60	285	102,6	99,8	96,9	29,9	(105,5)	301	–
3,65	277	99,7	97,0	94,2	28,8	(104,5)	292	41
3,70	269	96,9	94,2	91,5	27,6	(104,0)	284	40
3,75	262	94,3	91,7	89,1	26,6	(103,0)	276	39
3,80	255	91,8	89,3	86,7	25,4	(102,0)	269	38
3,85	248	89,3	86,8	84,3	24,2	(101,0)	261	37
3,90	241	86,8	84,4	81,9	22,8	100,0	253	36
3,95	235	84,6	82,3	79,9	21,7	99,0	247	35
4,0	229	82,4	80,2	77,9	20,5	98,2	241	34
4,05	223	80,3	78,0	75,8	(18,8)	97,3	234	–
4,10	217	78,1	76,0	73,8	(17,5)	96,4	228	33
4,15	212	76,3	74,2	72,1	–	95,5	–	–
4,20	207	74,5	72,5	70,4	–	94,6	218	32
4,25	201	72,4	70,4	68,3	–	93,8	–	–
4,30	197	70,9	69,0	67,0	–	92,8	207	30
4,35	192	69,1	67,2	65,3	–	91,9	–	–
4,40	187	67,3	65,5	63,6	–	90,7	196	–
4,45	183	65,9	64,1	62,2	–	90,0	–	–
4,50	179	64,4	62,6	60,9	–	89,0	188	27
4,55	174	62,6	60,9	59,2	–	87,8	–	–
4,60	170	61,2	59,5	57,8	–	86,8	178	26
4,65	167	59,8	58,4	56,8	–	86,0	–	–
4,70	163	58,7	57,1	55,4	–	85,0	171	25
4,80	156	56,2	54,6	53,0	–	82,9	163	–
4,90	149	53,6	52,2	50,7	–	80,8	156	23
5,00	143	51,5	50,1	48,6	–	78,7	150	22
5,10	137	49,3	48,0	46,6	–	76,4	143	21
5,20	131	47,2	45,9	44,5	–	74,0	137	–
5,30	126	45,4	44,1	42,8	–	72,0	132	20
5,40	121	43,6	42,4	41,1	–	69,0	127	19
5,50	116	41,8	40,6	39,4	–	67,6	122	18
5,60	111	40,0	38,9	37,7	–	65,7	117	15

* As durezas Brinell acima de HB429 referem-se a impressões com esfera de carbonetos de tungstênio.

** Dureza Vickers corresponde a "Diamond Pyramid Hardness".

Nota: os valores desta tabela são apenas aproximados.

Os valores entre parênteses estão fora da faixa recomendada e são dados apenas para comparação.

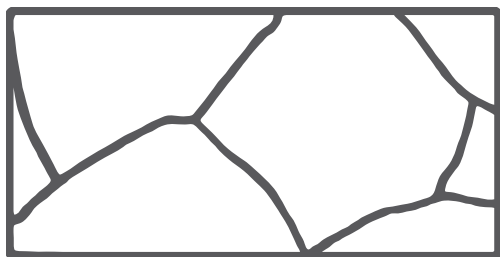
6. Dados técnicos informativos

- 6.1. Tamanho do grão austenítico
- 6.2. Fagulhamento de aços-carbono
- 6.3. Grau de pureza – ASTM E-45:2025
- 6.4. Efeito dos elementos de liga nas propriedades dos aços
- 6.5. Áreas
- 6.6. Fórmulas práticas para cálculo do peso de barras de aço por metro linear
- 6.7. Unidades de medida
- 6.8. Mecânica
- 6.9. Resistência à tração e à compressão
- 6.10. Resistência à flexão
- 6.11. Fatores de conversão
- 6.12. Fórmulas para cálculo do peso teórico de barras de aço (kg/m)
- 6.13. Quadrada de cantos redondos
- 6.14. Peso por metro linear de aço em barras (kg/m)

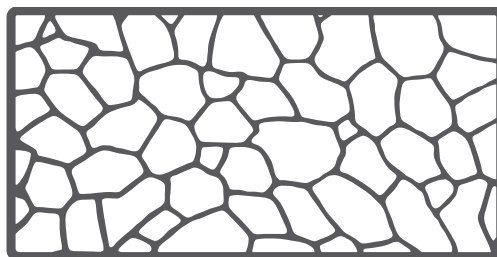


6.1. Tamanho do grão austenítico

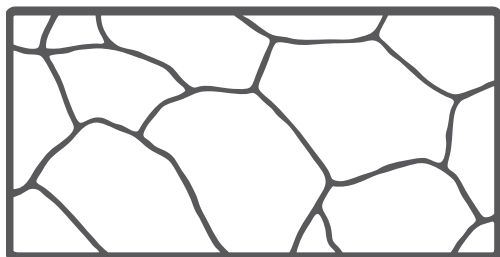
ASTM E112:2024



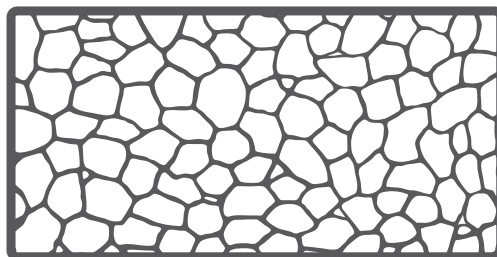
TG1 (+/- 254,00 μm)



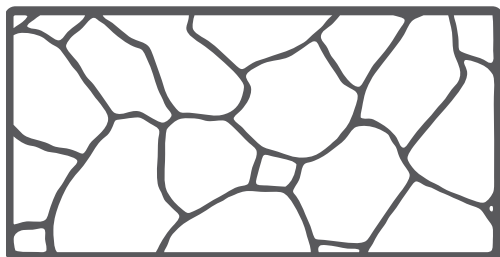
TG5 (+/- 63,50 μm)



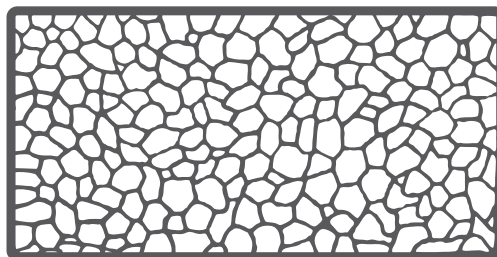
TG2 (+/- 179,60 μm)



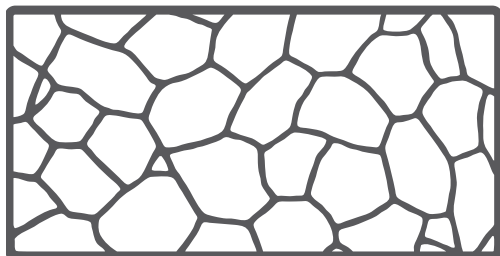
TG6 (+/- 54,00 μm)



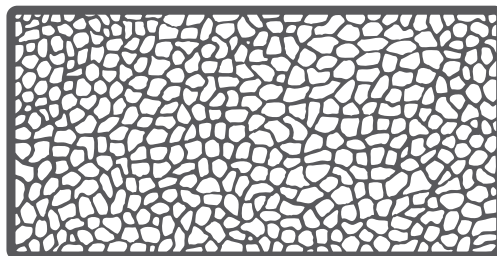
TG3 (+/- 127,00 μm)



TG7 (+/- 31,80 μm)



TG4 (+/- 89,80 μm)

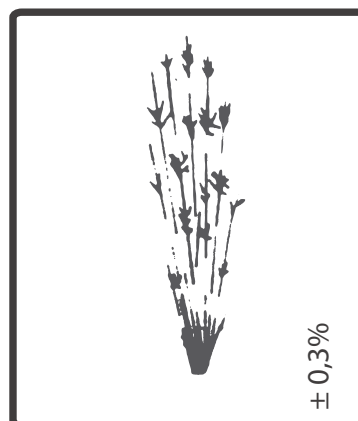
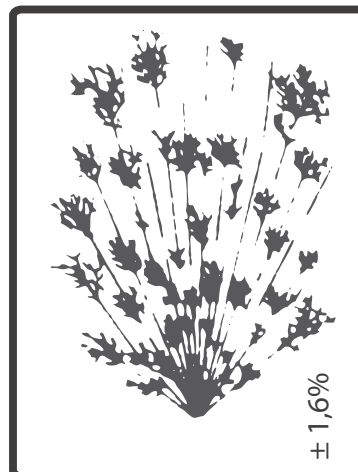
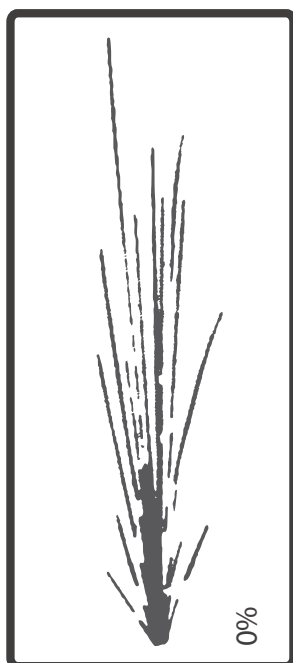
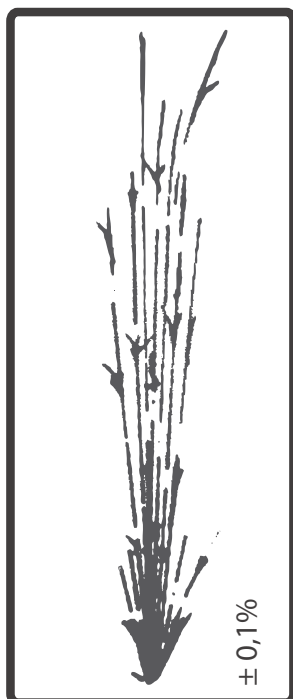


TG8 (+/- 22,50 μm)

Tamanho dos grãos com ampliação de 100 vezes.
Os valores entre parênteses representam o tamanho dos grãos apenas para referência.

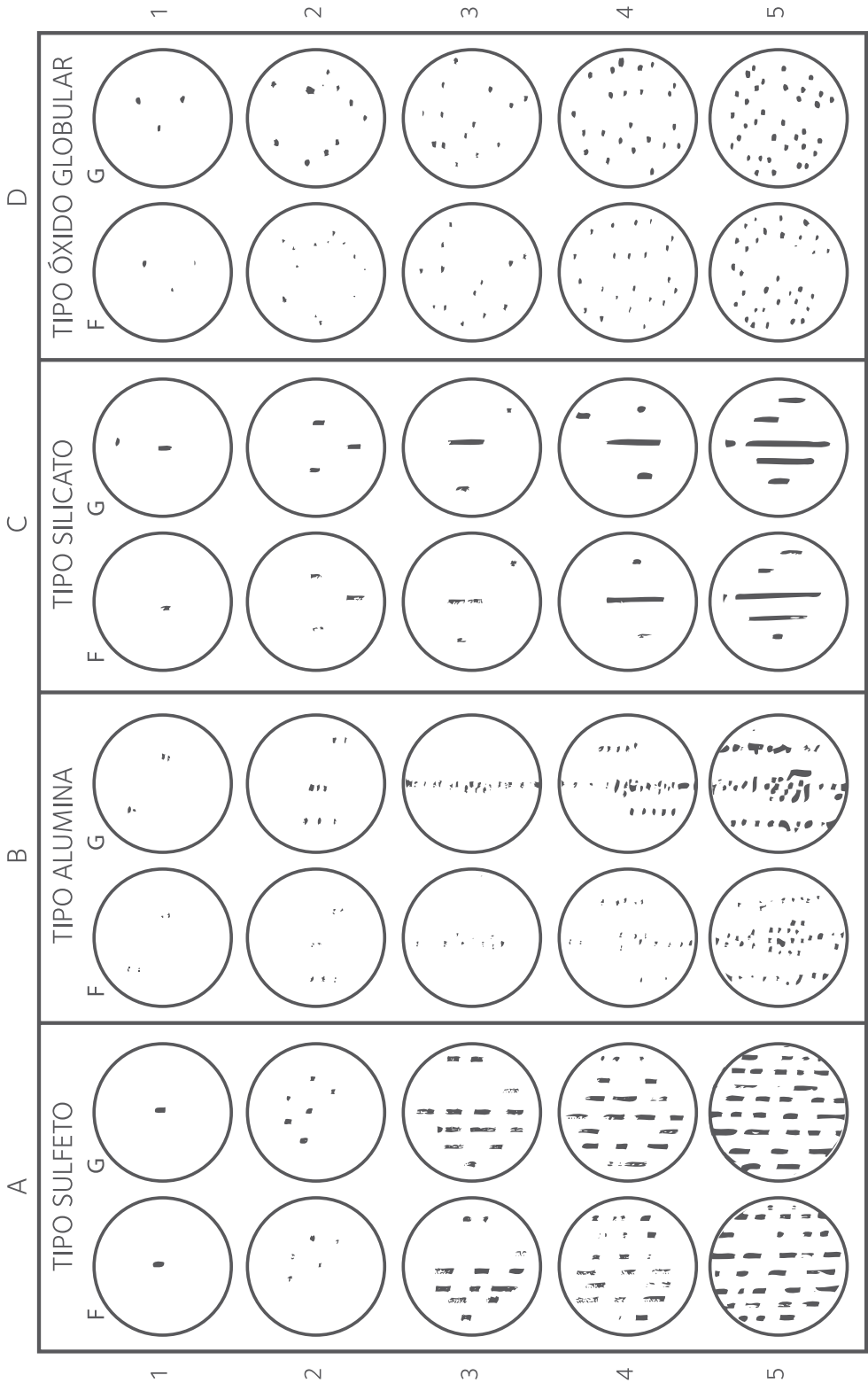
6.2. Fagulamento de aços-carbono

Fagulamento produzido com esmerilhamento em aços-carbono.



6.3. Grau de pureza - ASTM E45:2025

Avaliação da quantidade de inclusões nos aços.

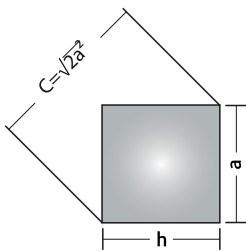


6.4. Efeito dos elementos de liga nas propriedades dos aços

ELEMENTOS DE LIGA	Propriedades mecânicas								Propriedades magnéticas												
	Dureza	Resistência	Linha de escoamento	Alongamento	Redução de área	Resistência a choque	Elasticidade	Res. mec. a temp. elevada	Velocidade de resfriamento	Formação de carbonetos	Resistência ao desgaste	Forjabilidade	Usinabilidade	Oxidação superficial	Nitretação	Resistência à corrosão	Histerese	Permeabilidade	Coercitividade	Magnetismo remanescente	Perda no ferro (Watt)
	↗	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
Silício	↗	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
Manganês em aços perlíticos	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
Manganês em aços austeníticos	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
Cromo	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
Níquel em aços perlíticos	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
Níquel em aços austeníticos	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	—	↗
Alumínio	—	—	—	—	↗	↗	—	—	—	—	—	↗	—	↗	↗	—	↗	↗	↗	—	↗
Tungstênio	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	—	↗	↗	↗	—	↗
Vanádio	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	—	↗	↗	—	↗	↗	↗	—	↗
Cobalto	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	—	↗	↗	↘	↗	—	—	↗	↗	↗	—	↗
Molibdênio	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	—	↗	↗	↗	—	↗
Cobre	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↗	—	—	—	↗	↗	↘	—	↗	↗	↗	↗	—	↗
Enxofre	—	—	—	↗	↗	↗	—	—	—	—	—	↗	↗	—	—	↗	↗	↗	↗	—	↗
Fósforo	↗	↗	↗	↗	↗	↗	—	—	—	—	—	↗	↗	—	—	—	↗	↗	↗	—	↗
Aumenta ↗		Diminui ↘		Constante ~		Não Característico —		Diversas Flechas = Efeito + Pronunciado													

6.5. Áreas

Quadrado



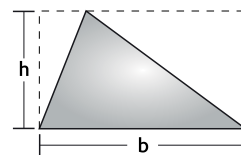
Área = lado x lado

$$A = a \cdot a$$

$$A = a^2$$

$$a = \sqrt{A}$$

Triângulo

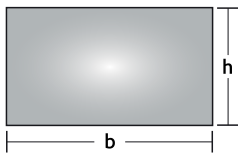


Área = $\frac{\text{base} \times \text{altura}}{2}$

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

$$b = \frac{2A}{h} \quad h = \frac{2A}{b}$$

Retângulo

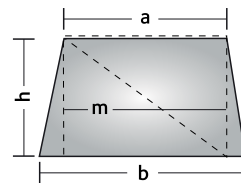


Área = base x altura

$$A = b \cdot h$$

$$b = \frac{A}{h} \quad h = \frac{A}{b}$$

Trapézio



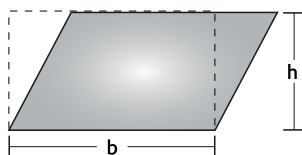
Área = semi-soma das bases x altura

$$A = m \cdot h$$

$$A = \frac{a+b \cdot h}{h} \quad h = \frac{2A}{a+b}$$

$$a = \frac{2A-b}{h} \quad b = \frac{2A-a}{h}$$

Paralelogramo

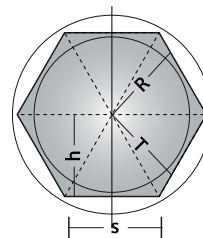


Área = base x altura

$$A = b \cdot h$$

$$b = \frac{A}{h} \quad h = \frac{A}{b}$$

Polígono regular

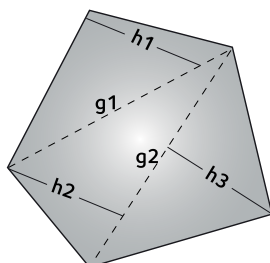


Área = área triângulo-número n de lados

$$A = \frac{b \cdot h \cdot n}{2}$$

$$s = b$$

Polígono irregular



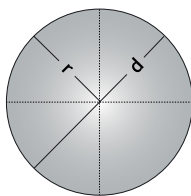
Decomposição em áreas parciais

A = soma das áreas parciais

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A = \frac{g_1 \cdot h_1 + g_2 \cdot h_2 + g_3 \cdot h_3}{2}$$

Círculo



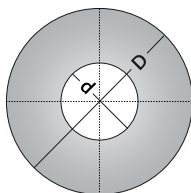
$$A = \frac{\pi}{4} \text{ diâmetro} \cdot \text{diâmetro}$$

$$U = \pi \cdot d^2$$

$$A = \pi \cdot r^2 \quad \text{ou}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot d^2$$

Anel circular

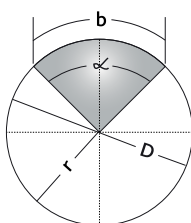


A - área círculo grande - área círculo pequeno

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

Setor circular



A - $\frac{\text{comprimento do arco} \times \text{raio}}{2}$

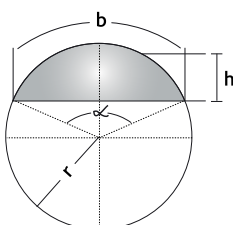
$$A = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \alpha}{360}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \alpha}{4 \cdot 360}$$

$$b = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360}$$

$$b = \frac{b \cdot r}{2}$$

Segmento circular



A - setor circular - triângulo

$$A = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \alpha}{360} - \frac{s(r-h)}{2}$$

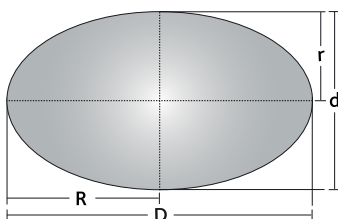
$$b = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360}$$

$$s = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$h = \frac{s \cdot \tan \frac{\alpha}{4}}{2}$$

Valor aproximado: $A = \frac{2 \cdot s \cdot h}{3}$

Elipse



$$A = \frac{\pi}{4} \text{ diâmetro mayor} \cdot \text{diâmetro menor}$$

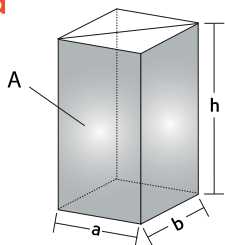
$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$$

$$A = 0,785 \cdot D \cdot d$$

$$A = \pi \cdot R \cdot r$$

U é função de d:D			
para d:D	U=Dx	d:D	U=Dx
0,9	2,9866	0,5	2,4221
0,8	2,8361	0,4	2,3013
0,7	2,6912	0,3	2,1930
0,6	2,5527	0,2	2,1010

Exemplo
 D=150mm
 d=90mm
 d:D=90:150=0,6
 U=150.2,5527
 U=382,9mm

Prisma

Volume

 $A = \text{área da base} = a \cdot b$ $V = A \cdot h$

$$V = A \cdot h$$

$$V = A_{\square} \cdot h$$

$$V = A_{\square} \cdot h$$

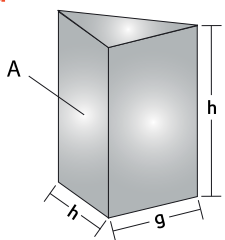
$$V = a \cdot b \cdot h$$

Superfície exterior

$$A_o = 2A_{\square} + 4A_{\square}$$

 $A_{\square} = \text{quadrado}$

$$A_o = 2A_{\square} + 2A_{\square_1} + 2A_{\square_2}$$

 $A_{\square} = \text{retângulo}$ **Prisma**

$$V = A \cdot h$$

$$V = A_{\triangle} \cdot h$$

$$V = \frac{g \cdot h' \cdot h}{2}$$

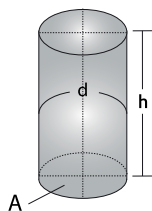
$$A_o = 2A_{\triangle} + 3A_{\square}$$

 $A = \text{triângulo equilátero}$

$$A_o = 2A_{\triangle} + A_{\square_1} + A_{\square_2} + A_{\square_3}$$

 $A = \text{triângulo escaleno}$

$$A_o = 2A_{\triangle} + n \cdot A_{\square}$$

 $A = \text{polígono n lados iguais}$ **Cilindro**

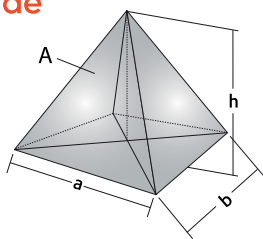
$$V = A \cdot h$$

$$V = A_o \cdot h$$

$$V = \frac{d^2 \cdot h}{4}$$

Superfície lateral

$$A_M = d \cdot h$$

PirâmideVolume = $\frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{3}$

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

$$V = \frac{A_{\square} \cdot h}{3}$$

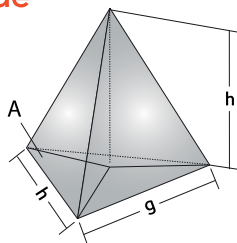
$$V = \frac{a \cdot b \cdot h}{3}$$

Superfície exterior

$$A_o = A_{\square} + 4A_{\triangle_1}$$

 $A = \text{quadrado}$

$$A_o = A_{\square} + 2A_{\triangle_1} + 2A_{\triangle_2}$$

 $A = \text{retângulo}$ **Pirâmide**

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

$$V = \frac{A_{\triangle} \cdot h}{3}$$

$$V = \frac{g \cdot h' \cdot h}{3}$$

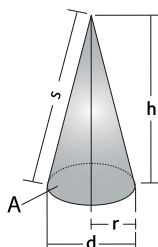
$$A_o = A_{\triangle} + 3A_{\triangle_1}$$

 $A = \text{triângulo equilátero}$

$$A_o = A_{\triangle} + A_{\triangle_1} + A_{\triangle_2} + A_{\triangle_3}$$

 $A = \text{triângulo escaleno}$

$$A_o = A_{\triangle} + n \cdot A_{\triangle_1}$$

 $A = \text{Polígono n lados iguais}$ **Cone**

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

$$V = \frac{A_o \cdot h}{3}$$

$$V = \frac{d^2 \cdot h}{4 \cdot 3}$$

$$A_o = \frac{d(d+2s)}{4}$$

Superfície lateral

$$A_M = \frac{d \cdot s}{2}$$

$$A_M = \pi \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + h^2}$$

6.6. Fórmulas práticas para cálculo do peso de barras de aço por metro linear

1) Dimensões em polegadas

a) Barra Redonda

Multiplique o diâmetro por 2 e eleve o resultado ao quadrado.

Exemplo: barra de aço com diâmetro de 5"

$$5 \times 2 = 10$$

$$10 \times 10 = 100 \text{ kg/m}$$

b) Barra Quadrada

Eleve a medida do lado ao quadrado, acrescente um zero e divida o resultado por 2.

Exemplo: barra de aço quadrada de 3"

$$3 \times 3 = 9$$

$$90 : 2 = 45 \text{ kg/m}$$

c) Barra Chata

Multiplique a largura pela espessura, acrescente um zero e divida o resultado por 2.

Exemplo: barra de aço chata de 5" x 6"

$$5 \times 6 = 30$$

$$300 : 2 = 150 \text{ kg/m}$$

2) Dimensões em milímetros

a) Barra Redonda

Eleve o diâmetro ao quadrado e multiplique o resultado por 0,00617.

Exemplo: barra redonda de 50 mm

$$50 \times 50 = 2.500$$

$$2.500 \times 0,00617 = 15,42 \text{ kg/m}$$

b) Barra Quadrada

Eleve o lado ao quadrado e multiplique o resultado por 0,00785.

Exemplo: barra quadrada de 200 mm

$$200 \times 200 = 40.000$$

$$40.000 \times 0,00785 = 246,8 \text{ kg/m}$$

c) Barra Chata

Multiplique a largura pela espessura e o resultado por 0,00785.

Exemplo: barra chata de 20 x 30 mm

$$20 \times 30 = 600$$

$$600 \times 0,00785 = 4,71 \text{ kg/m}$$

6.7. Unidades de medida

Unidade (comprimento)		
Micron	1	= 0,001 mm
Milímetro	1 mm	= 0,001 m
Centímetro	1 cm	= 10 mm
Decímetro	1 dm	= 10 cm
Metro	1 m	= 10 dm
Quilômetro	1 km	= 1000 m
Polegada inglesa	1"	= 25,4 mm
Pé inglês	1	= 0,305 m
Jarda	1 jd	= 0,914 m
Milha marítima	1	= 1853 m
Légua	1	= 7420 m

Pressão		
Milibar	1 mb	= 10,2 mm c.d.a
Bar (atmosfera absoluta)	1 b	= 1000 mb
mm coluna de água	1 mm c.d.a	= 0,1 g/cm ²
mm coluna de mercúrio	1 mm c.d.m	= 13,6 mm c.d.a
kg por cm ²	1 kg/cm ²	= 735,56 mm c.d.a = 10.000 mm c.d.m
Atmosfera	1 at	= 1 kg/cm ²
Atmosfera absoluta	ata	= at efet. + at
Atmosfera efetiva	at efet.	= ata - at
Atmosfera depressão	at depr.	= at - ata

Corpos (capacidades)		
Milímetro cúbico	mm ³	–
Centímetro cúbico	1 cm ³	= 1000 mm ³
Decímetro cúbico	1 dm ³	= 1000 cm ³
Metro cúbico	1 m ³	= 1000 dm ³
Litro	1 L	= 1 dm ³
Hectolitro	1 hL	= 100 L
Polegada cúbica	1 CU IN	= 16,387 cm ³
Pé cúbico	1 CU	= 28317 cm ³
Galão	1	= 4,541 L

Tempo		
Segundo	1 s	–
Minuto	1 min	= 60 s
Hora	1 h	= 60 min

Ângulos		
Segundo	1" segundo centesimal	1"
Minuto	1 60" minutos	1 = 100"
Hora	1º 60 graus	1º = 100"

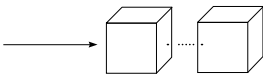
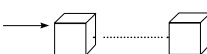
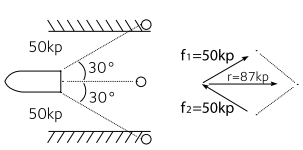
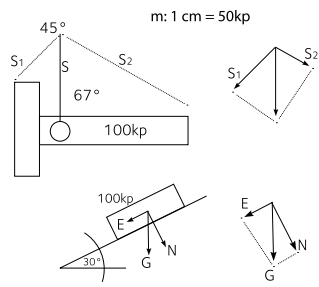
Trabalho

Quilogrâmetro	1 kgm	= 9,807 Ws
Cavalo-hora	1 cv·h	= 0,736 kWh = 270.000 kgm
Watt-segundo	1 Ws	= 0,102 kgm
Quilowatt-hora	1 kWh	= 1,36 cv·h = 860 kcal
Quilocaloria	1 kcal	= 426,9 kgm

Potência

Quilogrâmetro	1 kgm/s	= 9,807 W
Cavalo-vapor	1 cv	= 75 kgm/s = 0,736 kW
Quilowatt	1 kW	= 1,36 cv = 102 kgm/s
Quilocaloria por segundo	1 kcal/s	= 426,9 kgm/s

6.8. Mecânica

Unidade física da força	1 Newton (N) $1 \text{ N} = \text{kg } 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kgm/s}^2$ (força que imprime ao corpo-padrão) (≈ 1 litro água) a uma aceleração 1 m/s^2	
Unidade técnica da força	1 quiloforça ² $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ kgm/s}^2 = 9,81 \text{ N}$ (Força que imprime ao corpo-padrão uma aceleração de $g = 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ m.s}^2$)	
Peso	A força com que a Terra atrai um corpo chama-se peso. 1 kp (quiloforça) segundo a definição é o peso corpo-padrão (1 água)	
Massa	A relação entre a força F e a aceleração a que produz em um valor determinado para cada corpo é sempre igual para o mesmo corpo e chama-se massa m . Para o corpo-padrão $m = \frac{F}{a} = \frac{1 \text{ kp}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 0,102 \text{ kp.m}^{-1}.\text{s}^2 = 0,102 \text{ UTM}^{3)}$ Para um corpo qualquer $m = \frac{G}{g}$ G peso, por ex: em kp g aceler. da grav. $9,81 \text{ m/s}^2$ m se obtém em UTM	
Lei Fundamental da Dinâmica	Força = massa . aceleração $F = m.a$ m = massa por ex: em $\text{kp.s}^2/\text{m} = \text{kpm}^{-1}.\text{s}^2$ a = aceleração, por ex: em $\text{m/s}^2 = \text{ms}^{-2}$ m = obtém-se em UTM Exemplo: que força exerce uma locomotiva sobre um trem de peso 200000 kp se em 1 minuto aumenta a sua velocidade uniformemente desde 0 a 40 km/h (sem deslizamento)?  Cálculo de massa do trem: $m = \frac{G}{g} = \frac{200000 \text{ kp}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 20400 \text{ kp/ms}^{-2} = 20400 \text{ UTM}$ Aceleração: $a = \frac{v}{t} = \frac{40 \text{ km/h}}{1 \text{ min.}} = \frac{40000 \text{ m}}{3600 \text{ s.60 s}} = 0,185 \text{ m/s}^2 = 0,185 \text{ ms}^{-2}$ Portanto a força será: $F = m.a = 20400 \text{ UTM. } 0,185 \text{ ms}^{-2} = 3780 \text{ kp}$	
Representação da força	Uma força torna-se determinada por sua intensidade, direção e ponto de aplicação. Representa-se mediante um segmento de reta com flecha (vetor) ponto de aplicação da força = origem do (vetor) intensidade de F = comp. de vetor (por ex: $1 \text{ cm} = 5 \text{ kp}$) $4 \text{ cm} = 20 \text{ kp}$. Direção de F = direção do vetor. Se duas forças F_1 e F_2 atuam sobre um corpo, formando um certo ângulo entre si, a força total (resultante) é representada pelo valor e direção da diagonal (r) do paralelogramo de força const. por F_1 e F_2 .	
Composição de força	Exemplo: uma lancha está presa por dois cabos formando ambos 30° com o eixo (0) e com uma força de 50 kp cada um. Que força teria que exercer somente um cabo aplicado em um ponto do eixo (0) em sua direção do paralelogramo de força resultante $R = 87 \text{ kp}$?	
Decomposição de uma força	Segundo o princípio do paralelogramo, podemos também decompor uma força em duas (ou mais) forças parciais. 1. Exemplo: se quisermos substituir uma corda por duas, S_1 e S_2 , a que esforços seriam submetidas? 2. Exemplo: com que força atua um corpo de 100 kp de peso sobre seu apoio que está inclinado a $A = 30^\circ$? A força exercida pelo apoio é sempre a força perpendicular a ela. A força desejada N é uma parte do peso e analogamente diz-se da força E as paralelas a N e E traçadas pelos extremos de G , (N pode ser determinado trigonometricamente).	

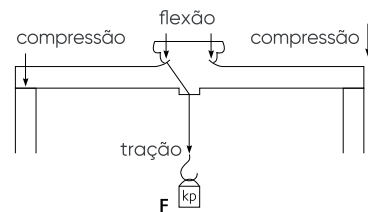
1) Corpo-padrão correspondente ao volume ou 1 dm de água (-4°C) = 1 L água, num cil. de platina-irídio.

2) Pondus (latim) = peso

3) UTM = Unidade Técnica de Massa

6.9. Resistência à tração e à compressão

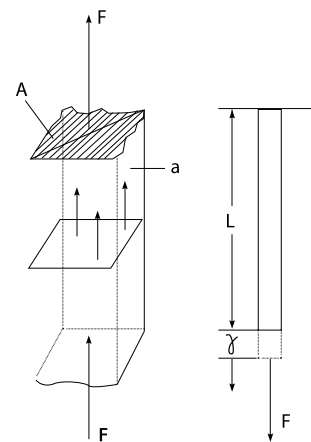
Resistência = resistência interna (força de coesão) das menores partículas (moléculas) oferecida contra uma solicitação mecânica (tração, compressão, esforço cortante, torção).



Exercendo-se um esforço F (kp), origina-se no interior do material em cada cm^2 uma tensão (kp/cm^2) que se opõe à ação da força F . Tensão de tração ou de compressão (γ) = solicitação de tração ou de compressão por unidade de superfície (cm^2 , mm^2).

$$\gamma = \frac{F}{A} [\text{kp}/\text{cm}^2] \quad F = A \cdot \gamma [\text{kp}] \quad A = \frac{F}{\gamma} [\text{cm}^2]$$

A tensão no limite de ruptura é a resistência à tração γ_b do material. Os elementos de construção utilizam-se de uma tensão admissível (γ_{adm}) de $\frac{1}{15} \dots \frac{1}{5}$ da resistência à tração (res. de ruptura).



Alongamento ϵ = variação de compr. por unidade de compr. (cm; mm).

$$\epsilon = \frac{\lambda}{L} = \frac{\text{alongamento}}{\text{compr. inicial}}$$

O alongamento até o limite de ruptura chama-se alongamento de ruptura (estricção) e expressa-se em %

$$\text{Expressa-se} = \frac{\lambda}{L} \cdot 100 [\%]$$

Exemplo = 8 Ø St 34:11

$F = 200 \text{ kp}$ $\gamma = \frac{F}{A} = \frac{200 \text{ kp}}{50 \text{ mm}^2} = 4 \text{ k/mm}^2$, tem-se segurança = 8

Tensão de tração $\gamma = ?$

γ = tensão de tração ou compressão

F = força aplicada (kp)

S = seção (mm^2 , cm^2)

ϵ = alongamento (mm, cm)

λ = variação de compr. (mm, cm)

L = compr. primitivo (mm, cm)

Resistência ao esforço cortante

Ao tentarmos deslocar duas chapas mediante a aplicação de uma força F (rebites, ferramentas de corte), a resistência oposta pelo material chama-se resistência ao cisalhamento, ou esforço de corte (resist. ao cisalhamento).

Tensão de cisalhamento T = solicitação ao cisalhamento por unidade de área [mm^2 , cm^2] a seção submetida à ação do cisalhamento.

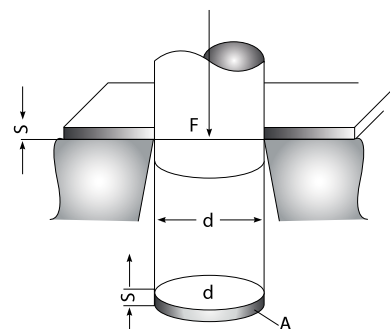
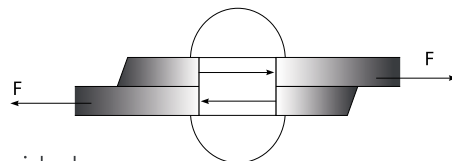
$T = \frac{F}{A} [\text{kp}/\text{cm}^2]$	$F = A \cdot T [\text{kp}]$	$A = \frac{F}{T} [\text{cm}^2]$
---	-----------------------------	---------------------------------

A resistência ao corte T_b de um material é a resistência de ruptura.

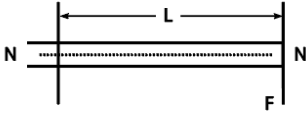
A resistência ao cisalhamento (corte) vale aproximadamente $\frac{4}{5}$ da resistência à tração

Exemplo: tratando-se de puncionar uma chapa de 2 mm de espessura de 40 kpg/mm^2 de resistência ao corte, com um punção de $D = 35 \text{ mm}$, qual o valor da força?

$F = A \cdot T = \pi \cdot d \cdot s \cdot T = 110 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} \cdot 40 \text{ kp/mm}^2 = 8.800 \text{ kp}$.

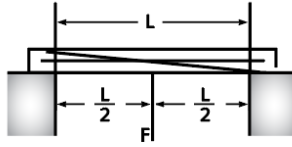


6.10. Resistência à flexão



$$M = F.L \text{ em kp cm}$$

No engastamento



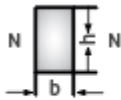
$$M = \left(\frac{F.L}{4} \right) \text{ em kp cm}$$

No centro

Quanto maior for o esforço de flexão F (kp) e o braço de alavanca L (cm), maior é a solicitação à flexão.

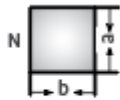
O produto da força pelo braço da alavanca chama-se momento fletor M . Tem-se a solicitação máxima, sendo o momento fletor máximo.

A tensão de flexão γ na fibra neutra (linha neutra ou linha zero N-N) é igual a zero. As tensões são tanto maiores quanto maior é a distância à linha neutra e quanto menor a capacidade de resistência da seção transversal. A distância e a capacidade de resistência se expressam mediante o chamado módulo resistente W , para as seções seguintes:



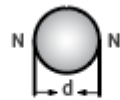
$$W = \frac{b.h^2}{6} [\text{cm}^3]$$

$$b = \frac{W.6}{h^2} \text{ em cm}$$



$$W = \frac{a^3}{6} [\text{cm}^3]$$

$$a = \sqrt[3]{W.6} \text{ em cm}$$



$$W = \frac{d^3}{10} [\text{cm}^3]$$

$$d = \sqrt[3]{W.10} \text{ em cm}$$

O momento fletor pode ser tanto maior quanto maiores forem a tensão admissível e o módulo resistente. Tem-se:

$$M = \gamma_{\text{adm}}.W \text{ kp/cm}$$

Geralmente se conhece o momento fletor ($F.L$) e a tensão admissível do material. Calcula-se então o momento fletor e as cotas da seção transversal:

$$W = \frac{M}{\gamma_{\text{adm}}} [\text{cm}^3]$$

Exemplo: calcular o diâmetro de uma barra de 160 cm de comprimento, que suporta em seu centro uma carga de 100 kp.

$$\gamma_{\text{adm}} = 700 \text{ kp/cm}^2$$

$$W = \frac{M}{\gamma_{\text{adm}}} = \frac{F.L}{4.\gamma_{\text{adm}}} = \frac{100.160}{4.700} = 5,7 \text{ cm}^3 \quad d = \sqrt[3]{W.10} = \sqrt[3]{57} = 3,87 \text{ cm}$$

Tensões admissíveis $\gamma_{adm} = 700 \text{ kp/cm}^2$ (valores médios)

Designação normalizada	DIN	Antiga Atual	St42.11 C25	StC25.61 Ck25	StC45.61 Ck45	VCMa125 25CrMo4	VCMa140 42CrMo4	Stg38.81 GS-38	Ge26.91 GG-26	Al-Mg-Si -
Tração	I		1250	1500	2100	2300	3850	1100	700	1100
	II		1000	1150	1550	1750	2750	850	550	700
	III		700	800	1000	1150	1650	600	400	360
Compressão	I		1250	1500	2100	2300	3850	1100	1000	1100
	II		1000	1150	1550	1750	2750	850	750	700
	III		-	-	-	-	-	-	-	-
Cortante	I		100	1200	1700	1850	3100	900	700	900
	II		800	900	1250	1400	2200	700	550	550
	III		560	600	800	900	1300	500	400	290
Flexão	I		1250	1500	2100	2300	3850	1100	750	1100
	II		1000	1200	1650	1850	2900	900	600	750
	III		760	920	1200	1200	2000	680	500	400

I - Carga em repouso.

II - Carga variável (carga intermitente) entre zero e o valor máximo.

III - Carga alternativa que varia na direção da força.

6.11. Fatores de conversão

	Grandeza inicial	Fator de conversão	Grandeza final
Temperatura	°C	× 1,8	°F
	°F - 32	× 5/9	°C
	K	- 273	°C
Massa	Tonelada (curta duração - EUA)	× 907,2	Quilo (kg)
	Tonelada longa (UK)	× 1.016	Quilo (kg)
	Quilo (kg)	× 1.000	Tonelada (t)
	Gramas (g)	× 1.000	Quilo (kg)
	Onça (oz)	× 28,3	Gramas (g)
	Onça troy (metais preciosos)	× 31,103	Gramas (g)
Comprimento	Pé (EUA)	× 30,48	Centímetro (cm)
	Angstrom (Å)	× 10 ⁻⁸	Centímetro (cm)
	Polegada	× 2,54	Centímetro (cm)
	Milha (internacional)	× 1,6093	Quilômetro (km)
	Pé (EUA)	× 0,3048	Metro (m)
Volume	Litro (L)	× 0,26417	Galão (EUA)
	Litro (L)	× 0,0028378	Barril (EUA)
	Barril (EUA)	× 35,23907	Litro (L)
	Polegada cúbica	× 16,387064	Centímetro cúbico (cm³)
	Pé cúbico	× 0,028317	Metro cúbico (m³)
	Metro cúbico	× 1.000	Litro (L)

	Grandeza inicial	Fator de conversão	Grandeza final
Tensão	MPa	$\times 0,102$	kgf/mm ²
	kgf/mm ²	$\times 1,422$	psi
	MPa	$\times 1$	N/mm ²
	kgf/mm ²	$\times 9,81$	N/mm ²
Força	Newton (N)	$\times 0,102$	Quilograma-força (kgf)
	Newton (N)	$\times 0,225$	Libra-força (lbf)
	Quilograma-força (kgf)	$\times 9,80665$	Newton (N)
	Quilograma-força (kgf)	$\times 2,204623$	Libra-força (lbf)
Potência	Watt (W)	$\times 1$	Joule/segundo (J/s)
	Quilowatt (kW)	$\times 239$	Caloria/segundo (cal/s)
	Cavalo-vapor	$\times 0,7355$	Quilowatt (kW)
Trabalho e Energia	Joule (J)	$\times 1$	Watt-segundo (Ws)
	Newton metro (N·m)	$\times 1$	Joule (J)
	Joule (J)	$\times 0,737562$	Pé-libra-força (ft·lbf)
	Joule (J)	$\times 8,850746$	Polegada-libra-força (in·lbf)
Pressão	Pascal (Pa)	$\times 0,101972$	Quilograma-força por metro quadrado (kgf/m ²)
	Quilopascal (kPa)	$\times 4,014631$	Polegada de água
	Atmosfera (atm)	$\times 101,325$	Quilopascal (kPa)
	Bar	$\times 0,986923$	Atmosfera (atm)
	Centímetro de água	$\times 0,735561$	Torr (mmHg)
	Newton/mm ² (N/mm ²)	$\times 9,869233$	Atmosfera (atm)
	Quilograma-força/cm ²	$\times 14,223344$	Libra por polegada quadrada (lb/in ²)
Velocidade	Quilômetro por hora (km/h)	$\times 0,621371$	Milha por hora (mi/h)
	Nó	$\times 1,852$	Quilômetro por hora (km/h)
	Metro por segundo (m/s)	$\times 2,236936$	Milha por hora (mi/h)
	Metro por segundo (m/s)	$\times 3,6$	Quilômetro por hora (km/h)

6.12. Fórmulas para cálculo do peso teórico de barras de aço (kg/m)

Bitola	Áreas	Medidas em mm	Medidas em polegadas decimais
Redonda	$0,7854 D^2$	$0,006165 D^2$	$4 D^2$
Quadrada de cantos vivos	L^2	$0,000785 L^2$	$5,1 L^2$
Retangular	$E \times L$	$0,00785 E \times L$	$5 E \times L$
Sextavada	$0,866 E^2$	$0,0068 E^2$	$4,4 E^2$
Oitavada	$0,828 E^2$	$0,0065 E^2$	$4,2 E^2$

6.13. Quadrada de cantos redondos

Raio de canto	Fator (kg/m)
1	0,007
2	0,03
3	0,06
4	0,11
5	0,17
6	0,24
7	0,33
8	0,43
9	0,55
10	0,67
11	0,82
12	0,97
13	1,1
14	1,3
15	1,5
16	1,7
17	1,9
18	2,2
19	2,4
20	2,7
22	3,3
24	3,9
26	4,6
28	5,3
30	6,1
32	6,9

6.14. Peso por metro linear de aço em barras (kg/m)

Diâmetro		Peso (kg/m)		
pol	mm			
1/8"	3,17	0,06	0,068	0,079
5/32"	3,97	0,1	0,107	0,124
3/16"	4,76	0,14	0,154	0,178
7/32"	5,56	0,19	0,21	0,242
1/4"	6,35	0,25	0,27	0,32
5/16"	7,94	0,39	0,43	0,49
3/8"	9,52	0,56	0,62	0,71
7/16"	11,11	0,76	0,84	0,97
1/2"	12,7	0,99	1,1	1,26
9/16"	14,29	1,26	1,39	1,6
5/8"	15,87	1,55	1,71	1,98
11/16"	17,46	1,88	2,07	2,38
3/4"	19,05	2,24	2,46	2,85
13/16"	20,64	2,62	2,89	3,34
7/8"	22,22	3,04	3,35	3,87
15/16"	23,81	3,49	3,85	4,45
1"	25,4	3,97	4,38	5,06
1 1/16"	26,99	4,49	4,95	5,71
1 1/8"	28,57	5,03	5,55	6,4
1 3/16"	30,16	5,6	6,18	7,13
1 1/4"	31,75	6,21	6,85	7,91
1 5/16"	33,34	6,85	7,55	8,72
1 3/8"	34,92	7,51	8,28	9,57
1 7/16"	36,51	8,21	9,05	10,45
1 1/2"	38,1	8,94	9,86	11,38
1 9/16"	39,69	9,7	10,7	12,35
1 5/8"	41,27	10,49	11,57	13,36
1 11/16"	42,86	11,32	12,48	14,41
1 3/4"	44,45	12,17	13,42	15,5
1 13/16"	46,04	13,06	14,4	16,62
1 7/8"	47,62	13,97	15,41	17,79
1 15/16"	49,21	14,92	16,45	18,99
2"	50,8	15,9	17,53	20,24
2 1/16"	52,39	16,91	18,64	21,52
2 1/8"	53,97	17,95	19,79	22,85
2 3/16"	55,56	19,02	20,97	24,21
2 1/4"	57,15	20,12	22,18	25,61

Diâmetro		Peso (kg/m)		
pol	mm			
2 5/16"	58,74	21,25	23,43	27,06
2 3/8"	60,32	22,41	24,72	28,54
2 7/16"	61,91	23,61	26,03	30,06
2 1/2"	63,5	24,84	27,39	31,62
2 9/16"	65,09	26,1	28,77	33,22
2 5/8"	66,67	27,38	30,19	34,86
2 11/16"	68,26	28,7	31,65	36,55
2 3/4"	69,85	30,05	33,14	38,26
2 13/16"	71,44	31,44	34,66	40,02
2 7/8"	73,02	32,85	36,22	41,82
3"	76,2	35,76	39,44	45,54
3 1/8"	79,37	38,82	42,82	49,41
3 1/4"	82,55	41,97	46,32	53,44
3 3/8"	85,72	45,27	49,95	57,63
3 1/2"	88,9	48,68	53,73	61,98
3 5/8"	92,07	52,22	57,63	66,49
3 3/4"	95,25	55,88	61,68	71,15
4"	101,6	63,58	70,17	80,96
4 1/8"	104,77	67,52	74,62	86,18
4 1/4"	107,95	71,78	79,22	91,48
4 3/8"	111,12	76,06	83,94	96,93
4 1/2"	114,3	80,47	88,81	102,56
4 5/8"	117,47	85,01	93,81	108,32
4 3/4"	120,65	89,66	98,95	114,27
4 7/8"	123,82	94,44	104,22	120,35
5"	127	99,8	109,64	126,61
5 1/4"	133,35	109,5	120,88	139,59
5 1/2"	139,7	120,2	132,67	153,2
5 3/4"	146,05	131,4	145	167,44
6"	152,4	143,1	157,89	182,32
6 1/4"	158,75	155,2	171,32	197,83
6 1/2"	165,1	168,03	185,08	213,98
6 3/4"	171,45	181,23	199,59	230,75
7"	177,8	194,91	214,65	248,16

Central de Relacionamento
0800 015 1221
brasil.arcelormittal.com

